



PAINEILMAJÄRJESTELMÄN TARKASTELU

Luikonlahden rikastamo

TeKIJÄ: Pirkka Hirvonen

Koulutusala			
Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma			
Sähkötekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t)			
Pirkka Hirvonen			
Työn nimi			
Paineilmajärjestelmän tarkastelu			
Päiväys	30.1.2015	Sivumäärä/Liitteet	43/6
Ohjaaja(t)			
sähkö- ja automaatioinsinööri Ilkka Innanen, lehtori Jari Ijäs ja koulutus- ja kehittämispäällikkö Esko Pöllänen			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani			
Altona Mining Limited			
Tiivistelmä			
<p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää paineilmalaitteiden ja verkoston kunto sekä uudistamistarve ja myös arvioida paineilman riittävyys tuotantokapasiteetin noustessa. Lisäksi selvitettiin, miten olisi järkevää uudistaa vanhat paineilmakompressorit energiatehokkaammilla laitteilla. Paineilmatarve perustuu malminrikastuksessa käytettävien laitteiden ja koneiden paineilman tarpeeseen. Tämänhetkinen paineilman keskimääräinen kulutus Luikonlahden malminrikastamolla on noin 25 m³/min, joka todennäköisesti nousee tehtaan tuotantokapasiteetin noustessa.</p> <p>Aluksi tehtiin yleisselvitys paineilmalaitteista ja verkostorakenteesta. Selvityksen perusteella mitattiin paineilman käyttöaste ja tehtiin selvitys energiatehokkaimmista laitteista. Selvitystyö suoritettiin yhteistyössä laitetoimittajien teknisen tuen ja myynnin henkilökunnan kanssa, koska laitetoimittajilla on tarvittavia mittalaitteita paineilman käyttöasteen mittaukseen. Saatiin myös parannusehdotuksia paineilmakompressoreista ja instrumentti-ilman puhdistus laitteista. Päivitettiin varapaineilmakompressorin alkuperäisten kuvien perusteella ja tehtiin paineilmaverkostosta rikastamon putkituskuvat, joita ei ollut.</p> <p>Lopputuloksena saatiin yksi varapaineilmakompressorin toimintakuntoiseksi ja arvio rikastamon paineilmalaitteiden käyttöasteesta ja uusimistarpeesta. Lisäksi yritys sai käyttöönsä laitehankinnoista ja huolloista tarjoukset, joiden perusteella voi tehdä päätökset niiden hankinnoista.</p>			
Avainsanat			
paineilmajärjestelmä, kompressorien säätö, käyttöastemittaus			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Electrical Engineering			
Author(s) Pirkka Hirvonen			
Title of Thesis Review of Compressed Air System			
Date	30 January 2015	Pages/Appendices	43/6
Supervisor(s) Mr. Ilkka Innanen, Electrical and Automation Engineer, Mr. Jari Ijäs, Senior Lecturer and Mr. Esko Pöllänen, Head of Education and Development			
Client Organisation /Partners Altona Mining Limited			
<p>Abstract</p> <p>The aim of this thesis was to find out the condition of the compressed air equipment and the network in the Luikonlahti concentrating plant. In addition, it had to be estimated whether there is enough compressed air when the production capacity increases and what would be the most reasonable way to renew the old air compressors with energy efficient equipment. The need for compressed air is based on the need for compressed air in the process of ore enrichment that the equipment and machinery have. At the moment the estimated consumption of compressed air in the Luikonlahti concentrating plant is approximately 25 m³/min which is likely to increase as the production capacity of the plant increases.</p> <p>First a general review of compressed air equipment and network structure was made. Using this information the usage level of compressed air was measured and energy efficient equipment was researched. The investigation was carried out in cooperation with the technical support of suppliers of equipment and sales staff since the company has the necessary equipment for measuring the utilization of compressed air. Also suggestions regarding the air compressors and equipment were received. The auxiliary air compressor was upgraded based on the original blueprints. The blueprints of the compressed air network were created.</p> <p>As a result of the project an auxiliary air compressor was operational again and the utilization of the air compressing equipment and the need for replacing it was estimated. Offers for new equipment and maintenance were received and this information can be used by the company when making purchases in the future.</p>			
<p>Keywords</p> <p>pneumatic system, compressor adjustment, measurement of utilization</p>			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	5
2	LUIKONLAHDEN RIKASTAMON HISTORIAA.....	6
2.1	Tuotanto	7
2.2	Työskentely rikastamolla	8
3	PAINEILMAN TUOTTO.....	9
3.1	Kompressorit	9
3.2	Paineilmakompressorin säätö ja tehontarve	11
3.2.1	Erilaiset säätötavat.....	12
3.2.2	Tehontarvevertailu	14
3.3	Paineilman puhtaus.....	15
3.4	Paineilmaverkosto	17
3.5	Paineilmavuodot	18
3.6	Paineilman hinta	19
4	RIKASTAMON PAINEILMAN KÄYTTÖ JA TUOTTO	21
4.1	Rikastamon paineilman tarve	22
4.2	Käyntiastemittaus	23
4.2.1	Mittaustulokset	23
4.2.2	Mittaustulosten jälkikäsittely	25
4.3	Paineilmaverkoston tarkastelu.....	27
4.4	Paineilmaverkoston puutteiden korjaus	28
4.5	Varapaineilmakompressorit.....	30
4.6	Tamrock 750	31
5	YHTEENVETO.....	36
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	37
	LIITE 1 PAINEILMAPUTKISTO	38
	LIITE 2. OHJELMOITAVA LED-OSOITINKOJE	39
	LIITE 3. LED-OSOITINKOJEEN OHJELMOINTIKAAVIO.....	40
	LIITE 4. LED-OSOITINKOJEEN LOHKOKAAVIO	41
	LIITE 5. PÄÄVIRTAPIIRI.....	42
	LIITE 6. OHJAUSVIRTAPIIRI.....	43

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö on tehty Luikonlahden rikastamolle, jossa oli tarve selvittää paineilmalaitteiden kunto ja uudistamistarve. Työssä keskitytään Luikonlahden rikastamon paineilmalaitteisiin ja niiden toiminnan kuvaukseen sekä huolto- ja uusimistarpeeseen ja paineilmakompressorien kuntokartoitukseen.

Yritys käyttää yhtä paineilmakompressoria jatkuvasti ja neljästä varapaineilmakompressorista kahta käytetään paineilman lisätarpeen säätämiseen, kaksi muuta ovat olleet pois käytöstä noin kaksi vuotta. Paineilmaa tarvitaan paljon ja sen tuottaminen on kallista. Siksi on tärkeää selvittää, miten saadaan tuotettua paineilmaa mahdollisimman edullisesti ja tehokkaasti. Yritys voi sitten tehdä tutkimuksesta omat johtopäätöksensä ja toimia sen mukaan.

Luikonlahden rikastamon vuotuinen tuotannon keskiarvo on 9 000 tonnia kuparia, 255,15 kg kultaa ja 1 600 tonnia sinkkiä. Luikonlahden rikastamon ja Polvijärven kaivoksen malmivarannot omistaa Boliden AB. nyt lokakuusta 2014 lähtien.

2 LUIKONLAHDEN RIKASTAMON HISTORIAA

Kaavin Luikonlahdessa toimi nykyisessä paikassa vuosina 1968–1983 kuparikaivos. Se tuotti kuparin ohella myös sinkkiä, kobolttia ja rikkiä. Malmia louhittiin toiminta-aikana 6,87 miljoonaa tonnia. Kaivoksen omisti Myllykoski Oy. (Opasnet 2014.)

Kaivosalueella on toiminut Myllykoski Oy:n jälkeen myös Mondo Minerals Oy:n talkkimalmin rikastamo. Kaivoksen osti Mondo Minerals Oy:ltä kanadalaisomisteinen kaivosyhtiö Finn Nickel Oy, joka aikoi avata kaivoksen rikastamon ja haki jo sitä varten ympäristölupia. Hanke kaatui kuitenkin yhtiön konkurssiin heinäkuussa 2009, minkä jälkeen Altona Mining Limited osti sen konkurssipesältä 2011. Vuoden 2011–2012 vaihteessa tehtaassa on uusittu mm. rikastamon sähkö- ja ohjausjärjestelmät. (Opasnet 2014.)

Altona Mining Limited on australiainen malminetsintä- ja kaivannaisyritys, joka aloitti Luikonlahdessa rikastustuotannon vuonna 2012. Altona Mining Limited omisti myös Polvijärvellä olevan kaivoksen Kylynlahti Copper Oy:n ja joitakin muita valtauksia Suomessa ja sillä on myös Australiassa kaivostointaa. (Altona Mining Limited 2014.)

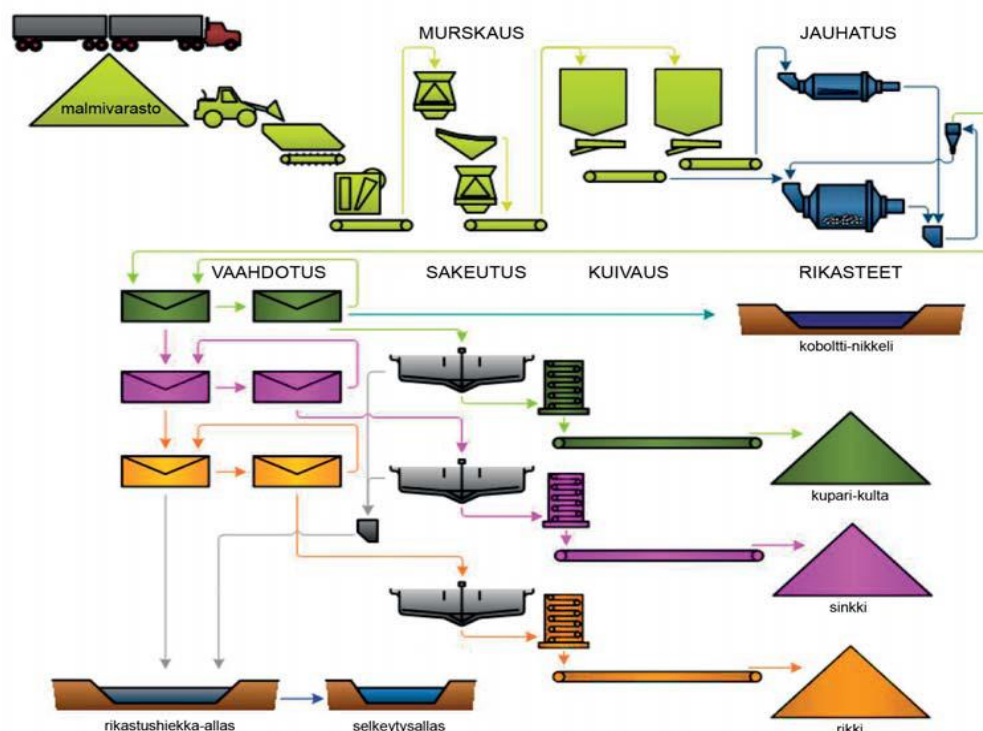
Vuosittain Luikonlahteen kuljetetaan rikastettavaksi Polvijärven Kylynlahti Copper Oy:n kaivokselta malmia noin 550 000 tonnia malmia, mm. kuparia, kobolttia, nikkeliä, kultaa ja sinkkiä. Tulevaisuudessa tuotantokapasiteettia on tarkoitus nostaa 800 000 tonniin vuodessa. Suomessa Altonalla työskenteli vuonna 2014 kesällä n. 240 henkilöä, joista Luikonlahden rikastamolla vajaa 140. Luikonlahden rikastamo toimii kolmessa vuorossa. (Altona Mining Limited 2014.)

Nyt Luikonlahden rikastamon omistaa lokakuussa 2014 tehtyjen yrityskauppojen myötä ruotsalainen kaivosyhtiö Boliden AB. Boliden AB on yritys, minkä erikoisalaa ovat malminetsintä, kaivostuotanto, sulattotoiminta ja metallien uusiokäyttö. Bolidenin päätuotteet ovat sinkki ja kupari, ja lisäksi se tuottaa kultaa, hopeaa ja lyijyä. Bolidenin historia alkaa vuodesta 1924, jolloin Pohjois-Ruotsista Skellefteån läheltä löydettiin Euroopan rikkain kultamalmio, Boliden. Vuoden 2013 lopulla Boliden työllisti 4 800 henkilöä, joista työskentelee 900 Suomessa. Bolidenilla oli jo kaksi tuotantolaitosta Suomessa ennen yrityskauppoja Altonan kanssa, sinkkitehdas Kokkolassa ja kuparisulatto Harjavallassa. (Boliden 2014.)

2.1 Tuotanto

Kuvassa 1 tuotannon piiroksessa on Luikonlahden rikastamon tuotantoprosessi, joka on yksinkertaistettuna seuraavanlainen:

Luikonlahden rikastamolle tuodaan malmi Polvijärven kaivoksesta perävaunullisilla kuorma-autoilla. Malmi kipataan suoraan ajoneuvoista tai siirretään pyöräkoneella malmivarastosta ns. leukamurskaimeen, jossa se murskataan pienemmäksi, ja siirretään kuljetushihnoja pitkin varsinaiseen murskaimeen. Murskaimessa malmi murskataan sopivan kokoiseksi ja kuljetetaan varastosiloihin kuljetushinoilla. Varastosiloista malmi johdetaan kuljetushinoilla jauhatukseen, minkä jälkeen siihen lisätään vettä ja kemikaaleja, minkä jälkeen se pumpataan putkistoa pitkin vaahdotuskennoihin. Jauhettu malmi rikastetaan kennostoissa vaahdotusmenetelmällä. Vaahdotuskennostoista arvomineraalit nousevat pintaan ja ne johdetaan putkistojen ja pumppujen avulla sakeutuslaitaisiin. Sakeutuslaitaissa mineraalit painuvat pohjaan ja ne pumpataan Larox-painesuodatuslaitteeseen, jossa on rikasteen kuivaus. Kuivauksen jälkeen rikaste johdetaan varastoon, mistä se viedään perävaunullisilla kuorma-autoilla jatkojalostukseen.



KUVA 1. Luikonlahden rikastamon yksinkertaistettu prosessikaavio (Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu 2014.)

Paineilmaa tarvitsevat rikastamolla instrumenttilaitteet, mm. kennostojen sulkuventtiilit. Yksittäinen suurin paineilman tarve on painesuodatuslaitteella rikasteen loppukuivaustoiminnassa.

2.2 Työskentely rikastamolla

Altona Mining satsaa työntekijöiden turvallisuuteen kaikilla osa-alueilla. Rikastamolla on käytössä työtehtävien turvallisuuden kartoitusohjelma, jonka mukaan työn ja tehtaan turvallisuus kartoitetaan ennen työhön ryhtymistä. Jokaisesta työtehtävästä tehdään riskianalyysi ja selvitetään mitä vaaroja mahdollisesti työ voi aiheuttaa ja miten työ tulee tehdä turvallisesti. Työn tekemiseen liittyviä vaaroja ovat mm. putoamis-, kemikaali-, tulipalo- ja sähköiskun vaara. Jos riskianalyysissä huomataan, että työntelemiseen liittyy korkea riski, pohditaan miten sen voisi tehdä turvallisesti tai jätetään se kokonaan tekemättä. Huolehditaan että jokainen on tietoinen alueella olevasta työstä ja mahdollisista riskeistä joita työhön liittyy. Näin työt voidaan tehdä turvallisesti henkilövahinkoja välttämällä.

Jokainen aloittava työntekijä ja yritys käypi läpi turvallisuuskoulutuksen ennen kuin voivat ryhtyä työn tekoon. Koulutuksessa ohjeistetaan tehdasalueella työskentely ja alueella tarvittavat turvavälit, sekä vaaralliset kohteet.



KUVA 2. Luikonlahden rikastamo (Hirvonen 2014-7-20.)

3 PAINEILMAN TUOTTO

Paineilma on puristetussa tilassa olevaa ilmakehän ilmaa eli ylipaineista ilmaa. Paineilma on varastoitua energiaa, jota voidaan hyödyntää työnä. Sitä käytetään mm. työkalujen ja koneiden käyttövoimana ja hengityslaitteissa. Teollisuudessa paineilmaa käytetään esimerkiksi vettiilien toimilaitteissa, painetoimisissa sylintereissä, kalvopumpuissa ja erilaisissa käsityökaluissa. (Hakapää ja Lappalainen 2011, 266.)

Paineilman käyttö on hyvin yleistä ja arvioiden mukaan jopa 5 % teollisuusmaiden tuottamasta sähköstä kuluu paineilman tuottamiseen. Paineilman käyttöpaine on eri laitteissa yleensä alle 10 bar. Paineilmaa tuotetaan erilaisilla mekaanisilla laitteilla, kompressoreilla. Kompressorin työn tekee yleensä sähkömoottori, joka kuluttaa energiaa. Kompressorin ominaistehoksi kutsutaan sähkönottotehon ja kompressorin luovuttaman ilmamäärän suhdetta tarkasteltavassa paineessa. Kompressorin ottoteho on sen moottorien osien ja sähkön ottotehon summa (Hakapää ja Lappalainen 2011, 266.)

SI-järjestelmässä paineen yksikkö on newton neliömetriä kohti 1 N/m^2 , tämän yksikön nimi on pascal (Pa), perusyksiköissä ilmaistuna: $1 \text{ Pa} = \text{kg} / (\text{m} \cdot \text{s}^2)$. Normaali ilmanpaine on 101 325 Pa merenpinnan korkeudella.

Paineilmantuotto on kompressorilla vapaata ilmaa, joka kompressorin tuottaa puristettuna paineilma-verkostoon. Moottorin antoteho tarkoittaa taas sitä tehoa, jonka kompressorin käyttömoottori siirtää mekaanisena tehona akselille. Moottorin nimellistehon voi tarkistaa moottorin tyyppikilvestä.

Ominaisteho on moottorin ottotehon ja kompressorin luovuttaman ilmamäärän suhde tietyssä paineessa. Ottoteho on taas kompressorin kaikkien käyttölaitteiden sähkön ottotehojen summa, eli teho joka kompressorin ottaa sähköverkosta sitä mekaanisesti kurmittaessa.

Paineilman keskeisiä käsitteitä ovat paine, tuotto, moottorin antoteho, ominaisteho sekä ottoteho. Ottoteho voidaan laskea moottorin kilpiarvoista nimellisteholla toimivalle moottorille. Kilpiarvot ovat nimellisjännite U_n , nimellisvirta I_n ja $\cos \varphi$. Kaava, $P = \sqrt{3} * U_n * I_n * \cos \varphi$. (Kaeser Oy, 2014a, 5.)

3.1 Kompressorit

Kompressorityyppejä on kahdenlaisia, dynaamiset ja syrjäytyskompressorit. Dynaamisissa kompressoreissa juoksupyörät kiihdyttävät ilmamassoja, jotka pysäytetään diffuusoreissa. Paineilma saadaan aikaan hyödyntämällä liikkeessä olevan ilman keskipakovoimaa. Useimmat kineettiset kompressorit ovat niin sanottuja turbokompressoreita, joiden jaottelu tehdään rakenteen perusteella joko radiaali- tai aksiaalikompressoreihin. Kaikki tämän luokan kompressorit soveltuvat suurten tilavuusvirtojen tuottamiseen, kuten teollisuuden aksiaali- eli kaasukompressorit. (Hakapää ja Lappalainen 2011, 267.)

Staattisesti toimivat, eli syrjäytyskompressorit imevät ilmaa tilavuuttaan laajentamalla ja sulkevat ilman sisäänsä. Tämän jälkeen ilma puristuu kokoon ja muodostuu painetta, minkä jälkeen venttiili avautuu ja paineilma pääsee purkautumaan paineliitännän kautta haluttuihin painelaitteisiin. Syrjäytyskompressoreista yleisin on ruuvikompressor, joka soveltuu hyvin kaivosolosuhteisiin, koska se ei ole kovin riippuvainen ilmankosteudesta ja lämpötilanvaihtelusta. (Hakapää ja Lappalainen 2011, 267.)

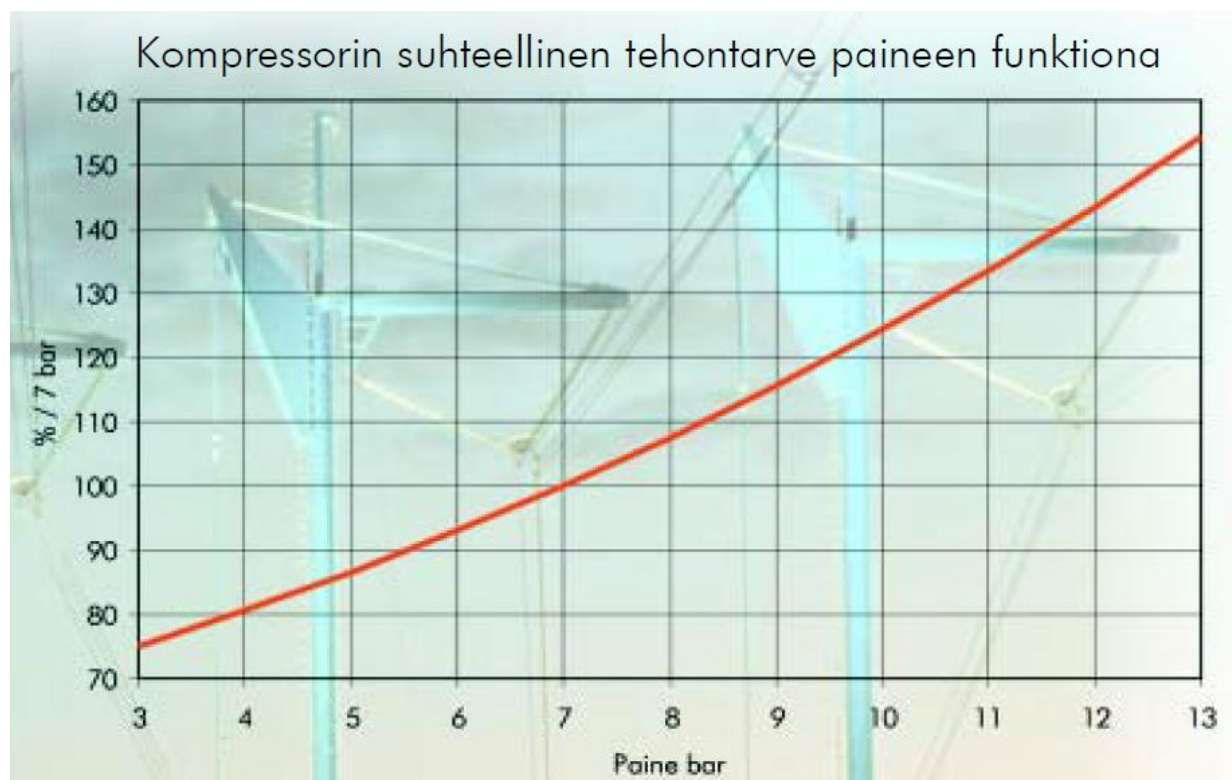


KUVA 3. Ruuvikompressorin ruuviyksikkö (Kaeser Oy, 2014c, 3.)

Ruuvikompressorin ruuviyksikkö saa käyttövoimansa sähkömoottorilta, joka saa aikaan ruuvin tekemän työn. Puristuksen alkuvaiheessa ruiskutetaan öljyä jäähdyttämään puristettavaa ilmaa ja tiivistämään roottorien ja rungon väliset väljykset. Samaa öljyä johdetaan eri kanavia myöten voitelemaan laakerit ja hammaspyörät. Öljyn tärkein tehtävä on jäähdyttää paineilma. Paineilmasta erotetaan öljy ns. öljynerotussäiliössä, jossa saadaan lähes se öljyttömäksi. Kompressoreissa on jäähdyt-in, koska kompressorin lämpiää suunnattoman paljon paineilmaa tuottaessa. Jäähdyttimenä käytetään yleensä vesikiertoista tai ilmajäähdytintä, jossa kompressorin käyttämää öljyä jäähdytetään kennostossa. Jäähdytysöljyn loppulämpötila puristusvaiheen lopussa on n. 75–80 °C. On myös olemassa ruuvikompressoreja joiden puristustilaan ei ruiskuteta jäähdytysöljyä, mutta niiden vaihteisto on öljyvoideltu. Näitä kutsutaan öljyttömiksi ruuvikompressoreiksi. Näissä kompressoreissa nousee puristuksen loppulämpötila jopa 120–230 °C:sen, minkä vuoksi näiden jäähdytys täytyy olla parempi (Hakapää ja Lappalainen 2011, 267; Tamrotor Kompressorit Oy, 2014, 4.)

3.2 Paineilmakompressorin säätö ja tehontarve

Paineilmakompressorin tarvitsee säätöjärjestelmän säätämään paineilman tuottoa ja energiankulutusta. Energiankulutus vie 80 % koko paineilmalaitteen elinkaarikustannuksista, sen vuoksi on tar-
koin valittava sopiva säätöjärjestelmä. Säätöjärjestelmän valintaan vaikuttavat monet asiat, kuten
laitteen tyyppi, paineenkulutuksen vaihtelu sekä energiantehokkuus.

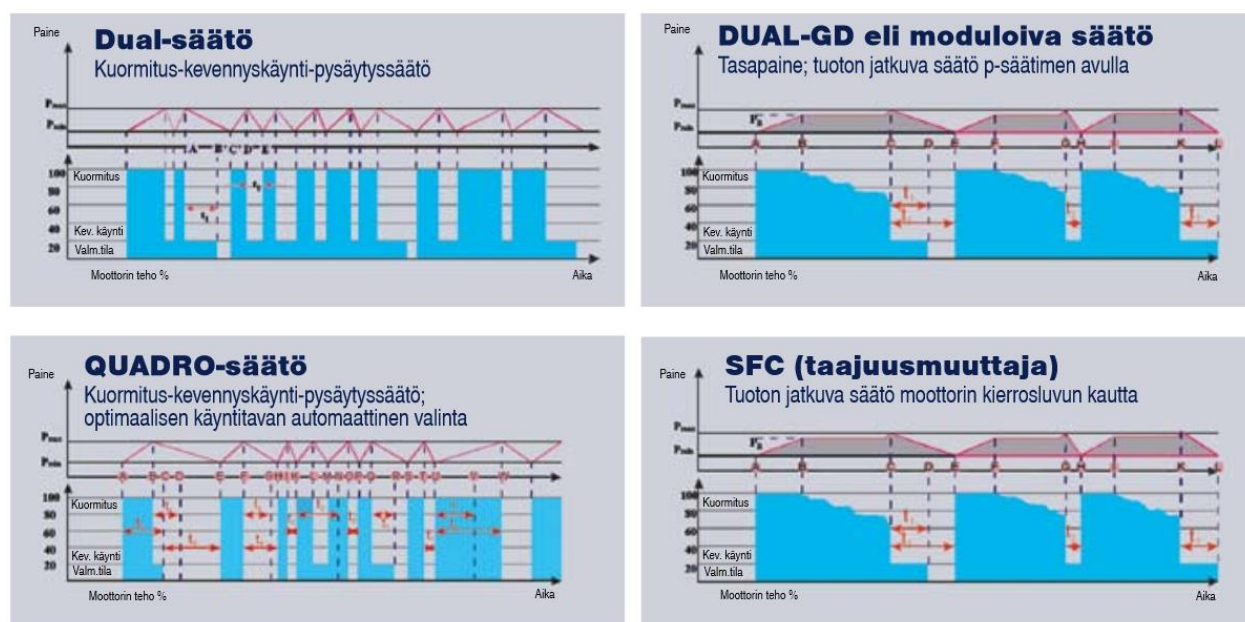


KUVA 4. Kompressorin suhteellinen tehontarve paineen funktiona (Tamrotor Kompressorit Oy, 2014, 3.)

Jos kompressorin tuottopainetta nostetaan 1 bar, paineen nousu lisää energian tarvetta 7 - 9 %. Tuottokustannuksiin voidaan vaikuttaa oikean käyttöpaineen ja putkiston valinnalla. Mitä lähemmäksi päästään paineilmakompressorin paineilman tuotolla paineilman kulutusta, sitä alhaisemmat ovat tuotetun paineilman kustannukset. Kun kompressorikäytössä toistuu jatkuvasti kuormitus- ja tyhjäkäyntijaksot, ne lisäävät huoltotarvetta ja energiankulutusta. Kuormitus- ja tyhjäkäyntiaikoihin voidaan vaikuttaa oikealla kompressorin valinnalla sekä putkiston ja paineilmasäiliöiden koolla. (Tamrotor Kompressorit Oy, 2014, 3.)

3.2.1 Erilaiset säätötavat

Ruuvikompressoreita voidaan säätää erilaisilla säätötavoilla, kuormituksen poisto, kuristussäätö, pysäytyskäyttö ja pyörintänopeuden säätö. Näistä säätömenetelmistä energiatehokkain on pyörintänopeuden säätö, joka on toteutettavissa taajuusmuuttajalla. Uusimmissa kompressoreissa on ohjausjärjestelmiä, missä voidaan valita useampia erilaisia säätövaihtoehtoja, joka kuvassa 5 on esitetty (Hakapää ja Lappalainen 2011, 271; Tamrotor Kompressorit Oy, 2014, 4.)



KUVA 5. Kaeser kompressorin SICMA CONTROL – ohjaus, 4 erilaista ohjausvaihtoehtoa (Kaeser Oy, 2014a.)

Dual-säädössä (perinteinen säätötapa) kompressori saavuttaessa halutun säädetyin paineen, kompressori ohjautuu kevennykselle ja paineen laskiessa alarajalle kompressori alkaa tuottaa painetta. Tähän säätötapaan kuuluu toiminta, jossa kompressorimoottori pysähtyy, kun paine pysyy säädetyssä arvossa tietyn ajan.

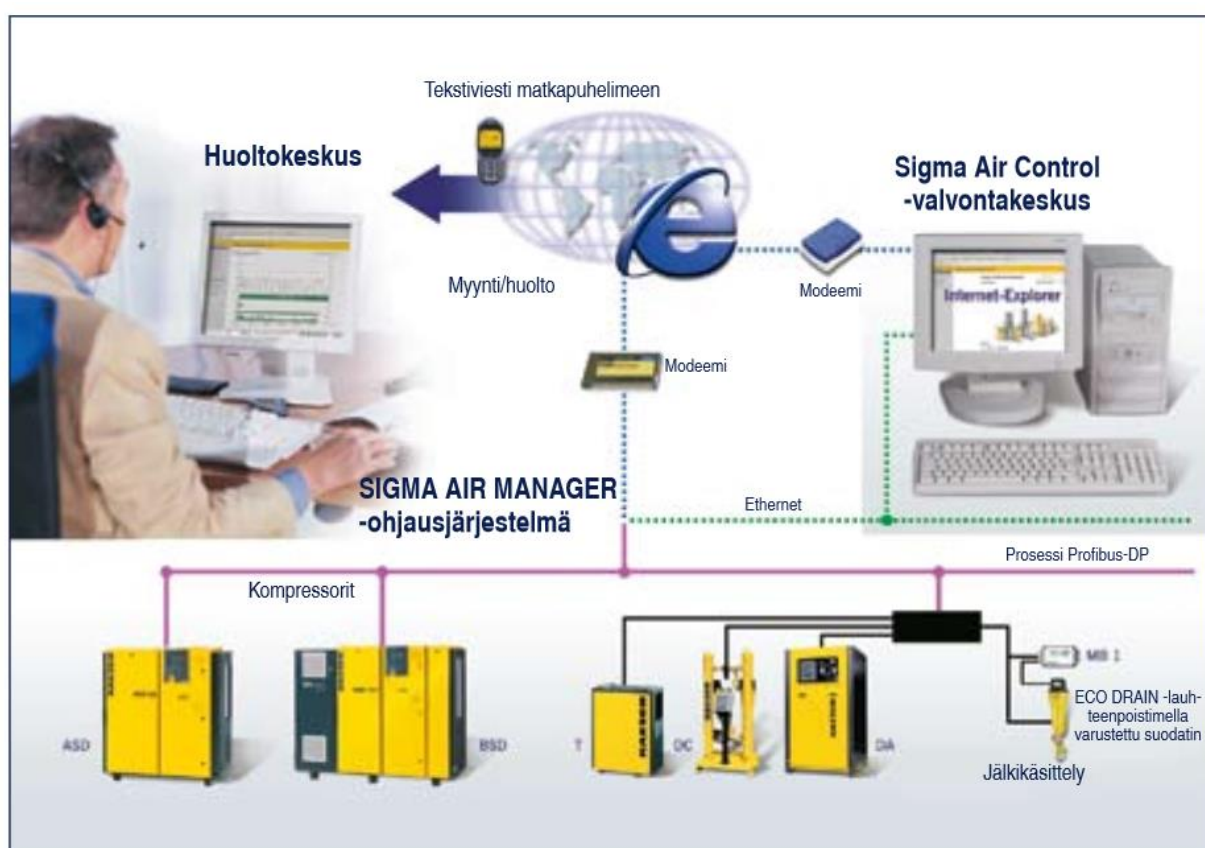
Kuristussäädöllä säädetyssä kompressorissa moottori käy pysähtymättä, jossa imuventtiili kuristaa imuilman määrää. Kun kompressori saavuttaa säädetyin painerajan, imuventtiili alkaa kuristaa ja samalla rajoittaa paineen nousun kompressorissa. Paineen laskiessa alarajaan, imuventtiili avautuu ja paineen tuotto alkaa kasvaa. Imuventtiilinä käytetään läppäventtiiliä, jolla saadaan portaaton säätö kompressorille ilman moottorin menemistä tyhjäkäynnille. Jatkuva kuristussäätö on edullinen säätö, kun kulutus on yli 70 % kompressorin maksimi tuotosta.

Pysäytyssäädössä kompressori pysähtyy, kun paineen yläraja on saavutettu. Se käynnistyy uudestaan paineen laskiessa alarajaan. Tällainen säätötoiminta on yleensä pienissä kompressoreissa, kuten kotitalouskäytössä olevat.

Pyörintänopeuden säätö toteutetaan taajuusmuuttajalla. Käyttö on yleistynyt merkittävästi teollisuuden moottorien säädöissä sen energiatehokkuuden hyödyn vuoksi. Taajuusmuuttajalla toteutetun

säätöjärjestelmän tehtävänä on säätää kompressorin tuotto ilmantarpeen mukaan ja saada tehon-
tarve tuotettua ilmakeuutiota kohden mahdollisimman alhaiseksi. Kompressorin käynnistettäessä mik-
roprosessoriohjain alkaa säätää pyörimisnopeuden sellaiselle tasolle, joka pitää kompressorin pai-
neilmatuoton kulutusta vastaavana. Kun paineilman kulutus laskee ja paine nousee asetellulle ylära-
jalle, kompressorin pysähtyy. Kompressorin käynnistyy automaattisesti uudelleen kun paine on laske-
nut asetellun alarajan alle. Taajuusmuuttajassa on ns. virranrajoitus, jonka tehtävänä on saada vir-
rankulutushuiput leikattua ja saadaan säästöjä aikaan. Verkostopaine saadaan pysymään tasaisena
ja turhan ylipaineen aiheuttamalta energiahäviöiltä välttämään. Uusimmissa taajuusmuuttajakäyttöi-
sissä kompressoreissa tuotto voidaan rajoittaa ottotehon tai kierrosluvun mukaan, lisäksi niissä ole-
valla valvontajärjestelmällä voidaan seurata kompressorin käyttötaloutta ja käyttötunteja (Tamrotor
Kompressorit Oy, 2014, 4.)

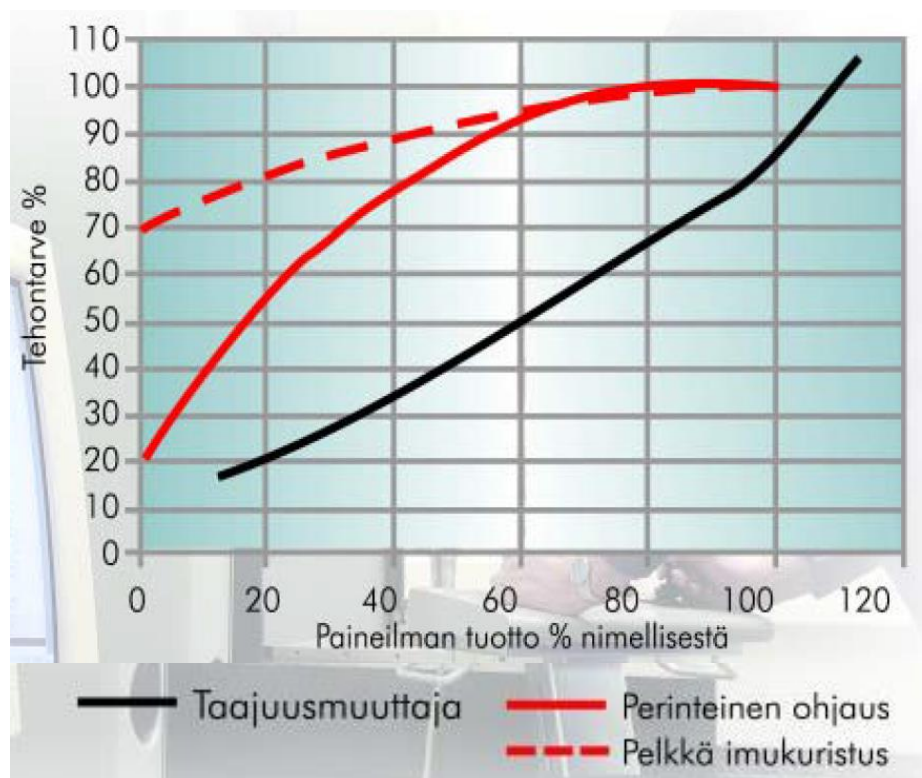
Nykykaikaisella siirtotekniikalla voidaan siirtää suuria tietomääriä nopeasti paikasta toiseen kenttä-
väyliä pitkin, Profibus-väylää pitkin. Erilaiset väyläratkaisut mahdollistavat kompressorin pääohjauk-
sen sijoittamisen erilleen paineilma-asemasta (Kaeser Oy, 2014a, 9.)



KUVA 6. Profibus-väylä tekniikka (Kaeser Oy, 2014a.)

3.2.2 Tehontarvevertailu

Kuva 7 kuvataan miten taajuusmuuttajalla säädetty kompressorin tehontarve on pienempi muihin säätömenetelmiin nähden. On huomioitava kuitenkin kompressorin kierroslukua säädetessä taajuusmuuttajalla, ettei hyötysuhde ole vakaa koko säätöalueella. Hyötysuhde pienenee mitä suuremmilla kierroksilla ajetaan. Taajuusmuuttaja itsessään aiheuttaa häviöitä, sekä kompressorin epälineaariset suorituseräominaisuudet.



KUVA 7. Paineilmakompressorien tehontarvevertailu eri säätötavoilla (Tamrotor Kompressorit Oy, 2014, 4.)

Ohjaustapaa valittaessa on huomioitava tyhjäkäyntitehontarve, voimansiirron- ja moottorin hyötysuhteet. Uusien sähkömoottorien hyötysuhde pysyy suhteellisen korkeana puolellakin kuormalla. Hyötysuhdeoptimi asettuu usein 70–80 % paikkeille. Perinteisellä suoralla käytöllä jännite ja magnetointiteho pysyy melko vakiona kuormasta riippumatta. Näin ei magnetointivirran aiheuttamat häviöt muutu kuormituksen laskiessa samassa suhteessa, kuin momentti ja akseliteho. Vakiona pysyvät magnetoinnihäviöt kasvavat suhteellisesti ja hyötysuhde laskee reippaasti pienimmällä hyötötyöllä.

Taajuusmuuttajakäytöllä nopeus ja momentti sovitetaan tarpeen mukaan. Nopeuden eli taajuuden mukaan säädetään jännite, missä päästään tilanteeseen, jossa osakuormalla ajetaan alennettua jännitettä. Tästä syystä ohjattavan moottorin magnetointihäviöt laskevat ja koneen hyötysuhde säilyy hyvänä myös osakuormalla.

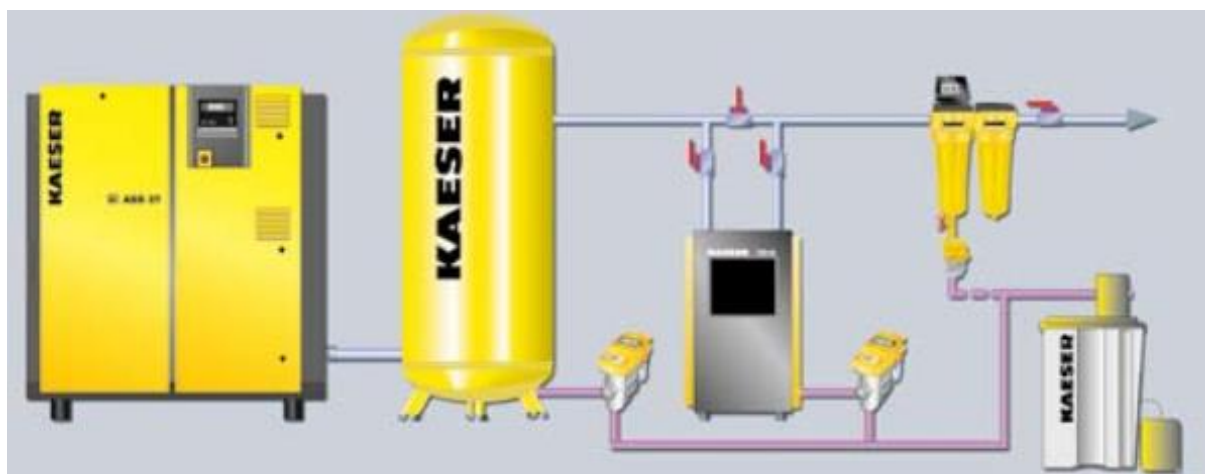
Paineilma on suhteellisen kallis energianvälittäjä, minkä vuoksi on tärkeää huomioida mikä on kompressorin oikea tuotto suhteessa paineilman tarpeeseen. Kompressorin Käyttöaste on yleensä 50 %, mikä saadaan nousemaan oikein mitoitetulla ohjausjärjestelmällä. Käyttöastetta nostamalla saadaan säästettyä energiaa, kun mitoitetaan laitteet kuormituksen mukaan sopivan suuriksi. Ei ole yhtä oikeaa ohjausjärjestelmää, vaan jokainen kohde on tutkittava ja arvioitava erikseen käytön ja tarpeen mukaan (Kaeser Oy, 2014a, 17, 27; Hakapää ja Lappalainen 2011, 271.)

3.3 Paineilman puhtaus

Paineilman puhtaus määräytyy käyttötarpeen ja käyttökohteen vaatimuksien mukaan. Sekä paineilman laatu vaihtelee käyttötarpeen mukaan, hammaslääkärien käyttämä paineilma tai vastaavasti autonrenkaissa käytettävä paineilma.

Paineilmaan jää epäpuhtauksia imusuodatuksesta huolimatta. Epäpuhtauksia syntyy imuilman kosteudesta, mikä muodostaa vettä ja on paineilman suurin ongelma. Öljyvoidelluista kompressoreista kulkeutuu paineilmaan öljyä ja muita pienhiukkasia ja jopa bakteereita, jotka voivat olla vahingollisia laitteille ja käyttökohteelle.

Paineilman puhdistaminen, eli jälkikäsittely on tehtävä käyttötarpeen mukaan. Ei ole järkevää puhdistaa paineilmaa liikaa, koska puhdistaminen vaatii erilaisia laitteita ja ylimääräisiä investointeja. Paineilman jälkikäsittelyssä käytetään erilaisia kuivaimia, jäähdyttimeitä, suodattimia ja lauhdeveden poistojärjestelmiä. Imuilman laadulla on suuri merkitys kaivosteollisuusympäristössä, joka on ehdottomasti huomioitava laitteita suunniteltaissa (Hakapää ja Lappalainen 2011, 271.)



KUVA 8. Esimerkkikuva lauhdeveden poistosta ja jälkikäsittelystä (Kaeser Oy, 2014a.)

Paineilmajärjestelmiin syntyy epäpuhtauksia sisältävää lauhdevettä. Luotettava lauhteenpoistojärjestelmä kuuluu osana paineilmajärjestelmää, se vaikuttaa paineilman laatuun ja paineilmalaitteiden toimintavarmuuteen. Lauhdeveden poistoon on kehitelty vuosien saatossa erilaisia laitteita, jossa lauhdevesi voidaan erottaa paineilmosta. Uimuriventtiili on vanhimpia lauhdeveden poistajia, jotka korvasi täysin manuaalisen lauhteenpoiston. Paineilman epäpuhtauksien vuoksi uimuriventtiilit ovat alttiita häiriöille ja vaativat paljon huoltoa. Nykyisin on alettu käyttää ns. älykkäitä taso-ohjauksella

varustettuja lauhteenpoistajia, joissa on elektroninen anturi mikä lähettää signaalin ohjausjärjestelmään havaittuaan lauhdevettä. Lauhdevesi tulee myös jälkikäsitellä, koska sitä ei voida laskea viemäriin epäpuhtauksien vuoksi. Viemäriverkostoon laskettavan jäteveden on läpäistävä tarkat raja-arvot, jotka voi tarkastaa paikalliselta vesilaitokselta. Lauhteen käsittely tapahtuu lauhteen erotinlaitteella, missä suodatetaan epäpuhtaudet vedestä, minkä jälkeen vesi voidaan johtaa viemäriin (Kaeser Oy, 2014a, 10–13.)

Paineilman laatua varten on suunniteltu laatustandardi ISO 8573-1. Standardissa määritellään paineilman hyväksyttävät pölyn, veden ja öljyn jäännöspitoisuudet. Standardissa annetaan selkeät lukuarvot joiden avulla on helpompi suunnitella paineilman jälkikäsittely (Sarlin Oy Ab 2014.)

Kun määritellään vaadittu ilman puhtaus, on aina viitattava standardiin, sekä kunkin epäpuhtauden valittuun luokkaan (Luikonlahden rikastamolla luokitusluokka on nyt n. 2.3.3.)

Esimerkki ilman laatumäärittystä: ISO 8573-1:2010 Luokka 1.2.1.

ISO 8573–1:2010 tarkoittaa standardidokumenttia ja sen versiota, ja kolme numeroa tarkoittavat valittuja kiinteiden hiukkasten, veden ja kokonaisöljyn puhtausluokituksia. (Sarlin Oy Ab 2014.)

TAULUKKO 1. Paineilman laatustandardi ISO 8573-1-2010 (Sarlin Oy Ab 2014.)

ISO 8573:1:2010 Paineilman laatustandardi							
Luokka	Kiinteät hiukkaset			Massa- pitoisuus mg/m³	Vesi		Öljy
	Hiukkasten maksimimäärä/m³				Paineen- alainen kastepiste	Neste g/m³	Kokonaisöljy mg/m³ *)
	0,1...0,5 µm	0,5...1 µm	1...5 µm				
0	Laitteiden käyttäjän tai toimittajan määrittelemä ja tiukempi kuin luokka 1.						
1	≤ 20.000	≤ 400	≤ 10	-	≤ -70 °C	-	0,01
2	≤ 400.000	≤ 6.000	≤ 100	-	≤ -40 °C	-	0,1
3	-	≤ 90.000	≤ 1.000	-	≤ -20 °C	-	1
4	-	-	≤ 10.000	-	≤ +3 °C	-	5
5	-	-	≤ 100.000	-	≤ +7 °C	-	-
6	-	-	-	≤ 5	≤ +10 °C	-	-
7	-	-	-	5 ... 10	-	≤ 0,5	-
8	-	-	-	-	-	0,5 ... 5	-
9	-	-	-	-	-	5 ... 10	-
x	-	-	-	> 10	-	> 10	> 10

*) Öljysumu, öljyneste, öljyhöyry

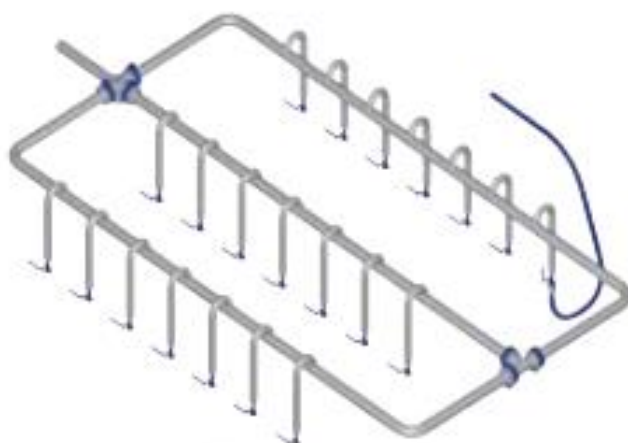
3.4 Paineilmaverkosto

Paineilmanverkoston suunnittelun alkuvaiheessa on otettava huomioon ympäristötekijät sekä se minkälaiseen käyttöön ja rasitukseen verkko joutuu. Lisäksi on huomioitava ilmamäärän tarve, siirtoetäisyydet ja kulutuskohteen sijainti. Jokainen verkko rakennetaan käyttökohteen tarpeiden mukaan. Verkstorakenne voi olla rengas- tai suoraverkko tai niiden yhdistelmä.

Rengasverkko on nimensä mukainen eli renkaan muotoinen. Rengasverkon etu on sen käytettävyys. Paineen virtaus voidaan ohjata työkohteeseen kahdesta eri suunnasta. Huoltojen aikana voidaan osa paineilmaverkostosta sulkea, ilman että se häiritsee muuta toimintaa.

Suoraverkko on rakenteeltaan yksinkertainen, ja se soveltuu hyvin pienempiin järjestelmiin. Siinä on yksi etenevä putki, jossa saadaan ulostulot kulutuslaitteille.

Yhdistelmäverkossa rengasverkkoon on lisätty suoria putkiosuuksia kulutuskohteiden saavuttamiseksi. Kaivosteollisuudessa yleisin on yhdistelmäverkko. (Kaeser Oy, 2014a, 22–23.)



KUVA 9. Tyypillinen rengasverkko. (Kaeser, 2014a, 22–23.)

Verkkoon liitetään paineilmakompressorien lisäksi ilmankuivaimet, painesäiliöt ja erilaisia toimilaitteita. Liitettäessä verkostoon suurempia laitteita on otettava huomioon, että niille tehdään riittävästi huolto- ja ohitusventtiilejä, jotta turvataan keskeytymätön paineilmantuotanto huoltojen aikana. Suuremmat laitteet olisi syytä liittää värähtelyn vaimentimilla verkostoon. Paineilmaverkostossa olevissa putkistoissa syntyy painehäviöitä, jotka voidaan minimoida hyvällä suunnittelulla. Putkiston painehäviöt riippuvat paineilman virtausnopeudesta, lämpötilasta, paineesta, putken mitoista ja sen sisäpinnan karheudesta sekä virtaustilanteesta. Laaja paineilmaputkisto toimii myös paineilmavarastona. Painehäviöitä voidaan laskea ennakoon erilaisilla putkimateriaaleilla, niitä varten tehdyillä laskukaavoilla tai erillisillä putkiston nomogrammeilla, jotka ovat saatavilla mm. paineilmalaitteiden valmistajien nettisivuilta (Tamrotor Kompressorit Oy, 2014, 8-9.)

3.5 Paineilmavuodot

Paineilmavuodot muodostavat suuren energiahukan, joka on vaikea havaita kovan melun ja hajuttomuuden tähden. On siis tärkeää ennalta ehkäistä vuotojen syntyminen käyttämällä oikeanlaisia keskeisiä komponentteja ja huolehtia paineilman hyvästä laadusta, jolla edesautetaan laitteiden kestävyttä.

Vuotojen korjaaminen ja ennaltaehkäisy maksaa nopeasti itsensä takaisin, minkä vuoksi siihen tulisi panostaa. Olisi järkevää 3 - 4 kertaa vuodessa ennakko- ja huoltojen yhteydessä tarkastaa paineilmalaitteet ja etsiä niistä vuotokohtia. Markkinoilla on saatavilla erilaisia laitteita joilla voidaan etsiä vuotokohtia. Nykyisin vuotojen havaitsemiseksi ovat yleistyneet ultraäänilaitteiden käyttö, jotka havaitsevat paineilmaavuodot ultraäänen avulla. Ultraäänilaitteet käyttävät 40 kHz taajuutta, joka on tutkitusti oikeanlainen taajuus jossa parhaiten saadaan selville paineilmaavuodosta syntyneet ultraäänit. Yleisimmät vuotokohtat ovat putkistojen liittimet ja itse putkistot. Teollisuudessa on monenlaista tärinää ja likaa, jotka kuluttavat ja syövyttävät paineilmalaitteita ja synnyttävät vuotoja. (Motiva 2014b; Hantekno 2014.)

Kompressorien ohjausjärjestelmää voidaan käyttää hyväksi vuotojen havaitsemiseksi. Tilastollinen algoritmi seuraa pitemmän aikavälin trendejä ja tekee ilmoituksen huoltoyksikölle, jos keskimääräinen vuorokausikulutus muuttuu yllättäen. (Motiva 2014b; Hantekno 2014.)

TAULUKKO 2. Paineilmaverkostossa tai käyttölaitteessa olevan reiän läpi menevän ilman määrä: käyttöpaine 7 bar, ominaisteho 6,5 kW/m³/min, käyttötunnit 8 000 h/a, sähkönhinta 60 €/MWh (Motiva 2014a.)

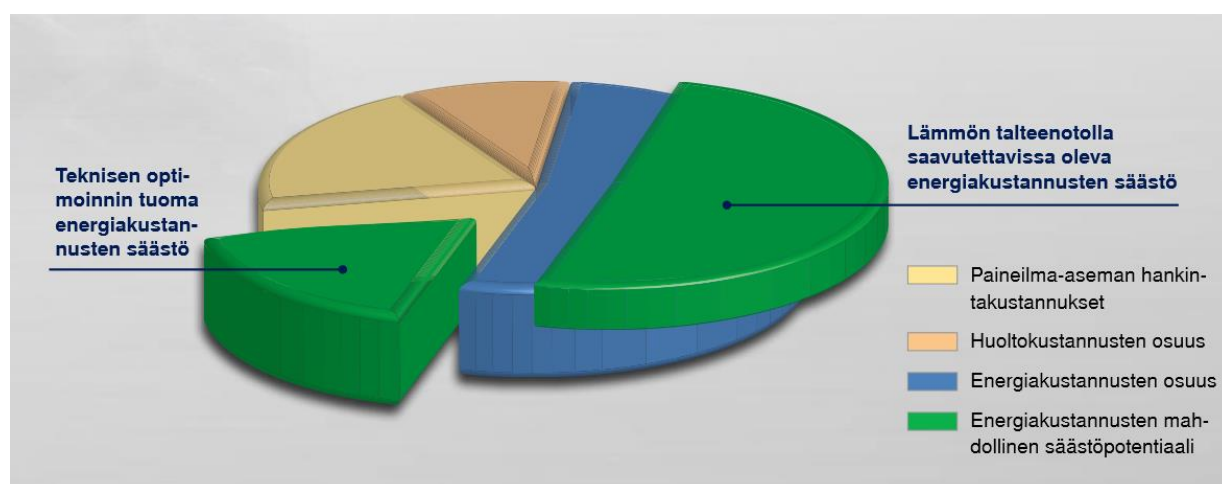
Reiän läpimitta (mm)	Ilmamäärä (m ³ /min)	Kustannus (€/a)	Kompressorin teho (kW)
1	0,064	200,00	0,4
2	0,257	802,00	1,7
3	0,578	1 803,00	3,8
4	1,028	3 207,00	6,7
5	1,606	5 011,00	10,4
6	2,313	7 217,00	15,0
8	4,112	12 829,00	26,7
10	6,425	20 046,00	41,8
12	9,252	28 866,00	60,1

Voidaan laskea, että jo 6 mm reikä, josta vuotaa 7 barin paineessa 2,5 m³/min paineilmaa, maksaa noin 3 000 – 10 000 euroa vuodessa riippuen energian hinnasta (Motiva 2014a).

3.6 Paineilman hinta

Paineilman hinta määräytyy kompressorien huollon kustannuksista ja energian- ja jäähdytyksen kustannuksista. Lisäksi on otettava huomioon laitteiden kuoletuksen kustannukset. Hintaan vaikuttaa kompressorin koko huolto- ja kuormitusaste sekä laitteiston rakenne ja käyttö. Energiankustannus on suurin menoerä, sen takia on tärkeää löytää mahdollisimman energiatehokkaat laitteet. Öljyjäähdytteiset kompressorit ovat jopa 20 % edullisempia käyttää paineilman tuottoon kuin öljyttömät kompressorit, minkä vuoksi ne ovat suosittuja. (Hakapää ja Lappalainen 2011, 271.)

Ruuvikompressorien ruuviyksikön koko vaikuttaa energiankulutukseen, koska alhaisilla kierroksilla pyörivä ruuviyksikkö kuluttaa vähemmän kuin suurilla kierroksilla pyörivä yksikkö. Siksi kompressorien valmistajat valmistaa profiililtaan optimoituja ja mahdollisimman alhaisella kierrosluvulla pyöriviä ruuviyksiköjä. Investointi suureen ruuviyksikköön maksaa itsensä nopeasti takaisin energiansäästönä. Ruuvikompressorin johdettu sähköenergia muuttuu 100-prosenttisesti lämpöenergiaksi, siksi lämmön talteenotolla saavutettaisiin suuria säästöjä, kuten kuvasta 10 voidaan havaita. (Kaeser Oy, 2014c, 3.)



KUVA 10. Energiaa säästävä SIGMA-profiili (Kaeser Oy, 2014c, 3.)

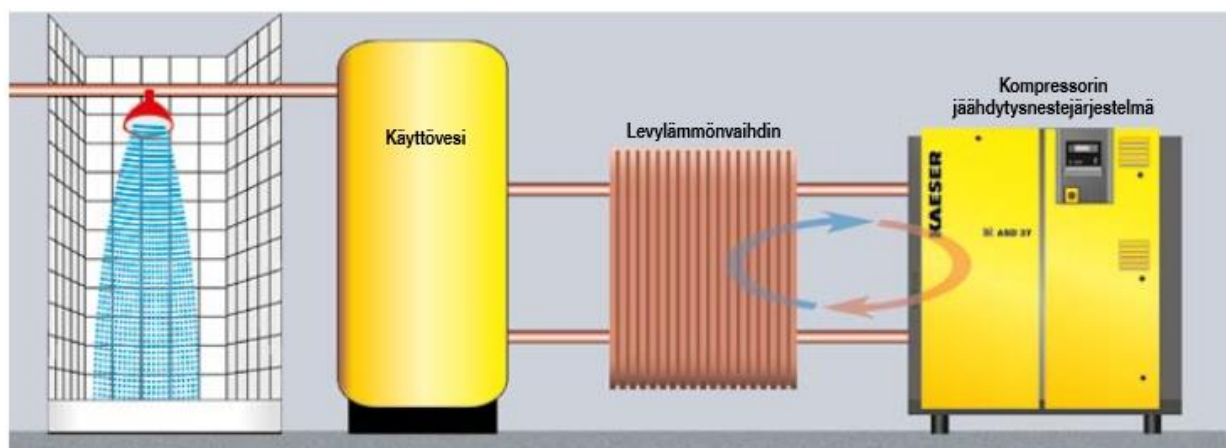
Paineilman jälkikäsittely on huomioitava, koska puutteellinen jälkikäsittely lyhentää paineilmaputkiston ja laitteiden ikää ja lisää kustannuksia. Oikealla ja tarkoituksenmukaisella paineilman jälkikäsittelyllä säästetään paljon energiaa. On turha suodattaa ja kuivata ilmaa ilman mitään järkevää syytä. Keskitetyllä paineilman jälkikäsittelyllä voidaan säästää paljon energiaa, koska keskittämällä saadaan laitteita vähemmäksi. Jokainen lisälaite kuluttaa enemmän energiaa pienentämällä vähän verkostopainetta ja kuormittaa lisää kompressoria.

Kompressoria on edullisempi jäähdyttää ilmajäähdytyksellä, sillä vesijäähdytys tuo käyttölisäkuluja merkittävästi, jopa 30 % enemmän ilmajäähdytykseen verrattuna (Hakapää ja Lappalainen 2011, 271.)

Paineilman paineen pitäminen liian suurena käyttötärpeeseen nähden kompressorin kuluttaa turhaan energiaa. Alentamalla 7 barista 6 baariin kompressorin painetta saavutta 5 - 8 % sähköenergiankulutuksessa ja tehontarve pienenee. Laitteiden paineilman kulutus on suoraan verrannollinen absoluuttiseen paineeseen, ylimääräisellä paineella ei saavuteta kustannuksia vastaavaa etua.

Oikealla paineilmanverkon mitoituksella ja suunnittelulla saadaan aikaan säästöjä. Energian säästämiseksi putkien olisi oltava mahdollisimman suoria ja mutkien oltava mahdollisimman loivia, jotta ilma pääsee esteettä kulkemaan ja saadaan mahdollisimman hyvä laminaarinen ilman virtaus. Paineilmaverkostossa esiintyvät paineilmanvuodot on syytä saada minimoitua, koska pienestäkkin vuotokohdasta vuorokauden aikana ehtii purkautua energiallyä tuotettua paineilmaa. (ks. luku 3.5 Paineilmavuodot.)

Sekä ilma- että vesijäähdytteisten ruuvikompressorien kohdalla on mahdollista tuottaa lämmintä vettä eri tarkoituksiin asentamalla lämmönvaihdin jäähdytysöljyjärjestelmään. Lämmönvaihtimeen voidaan ottaa lämpöä talteen ruuviosan, moottorin ja taajuusmuuttajan tuottamasta hukkalämmöstä. Moottoreita ja taajuusmuuttajia löytyy vesijäähdytteisinä isoissa teholuokissa, mutta on arvioitava, onko niiden hukkalämmön talteenotto taloudellisesti järkevää. Kaeserin käytännön kokemuksen mukaan 18,5 kW:n ja sitä suurempien kompressorien lämmön talteenottojärjestelmän vaatimat lisäkustannukset maksavat itsensä takaisin kahden vuoden sisällä. Tämä edellyttää luonnollisesti asiantuntevaa suunnittelua. Lämmön talteenotolla on mahdollisuus parantaa paineilmalaitteiston energiatehokkuutta ja saavuttaa taloudellista hyötyä. Järjestelmän lisäinvestoinnit ovat vähäisiä suhteessa kokonaisinvestoinnin suuruuteen. Investointien suuruus riippuu käyttökohteen olosuhteista, käyttötarkoituksesta ja valitusta talteenottomenetelmästä. Vesijäähdytteiset laitteet ovat kooltaan pienempiä kuin ilmajäähdytteiset ja niiden suljettu rakenne soveltuu paremmin likaisempaankin ympäristöön. (Kaeser Oy, 2014a, 32-33.)



KUVA 11. Veden lämmitys lämmön talteenoton avulla: levylämmönvaihtimilla lämmitetty vesi saavuttaa jopa +70 °C:n lämpötilan (Kaeser Oy, 2014a, 11.)

4 RIKASTAMON PAINEILMAN KÄYTTÖ JA TUOTTO

Luikonlahden rikastamolla on jatkuvassa käytössä Atlas Copco GA 250W-7.5 öljyvoideltu ruuvikompressori, jonka kapasiteetti on 43,8 m³/min. Kompressorissa on kevennys- ja kuormitussäätöyksikkö. Ilmankulutuksen ollessa vaihtelevaa kompressori tuottaa paineilmaa täydellä teholla tai on kevennysajolla. Kevennysajolla kompressori kuluttaa energiaa mutta ei tuota paineilmaa.

Instrumentti-ilman puhdistukseen on Zander KEN 2600-adsorptiokuivain, jonka kapasiteetti on 25 m³/min. Kuivain on kyseiseen tarkoitukseen epäenergiataloudellinen, koska se kuluttaa n. 20 % läpivirtaavasta ilmasta adsorptioaineen elvyttämiseen. Paineilmaverkkoon on liitetty kaksi 10 m³ paineilmasäiliötä, millä tasataan kompressorin ajoa. Paineilmaverkoston tilavuus on arviolta noin 10 m³.

Rikastamolla on lisäksi kaksi vanhaa Atlas Copcon, mäntäkompressoria ER6E varakoneena ja kaksi Tamrockin 750-ruuvikompressoreja, joita ei kuitenkaan ollut käytetty kahteen vuoteen. Mäntäkompressorit ovat varsinaiset varakoneet häiriöiden ja huoltojen yhteydessä.



KUVA 12. Zander KEN 2600-adsorptiokuivain (Hirvonen 2014-10-20.)

4.1 Rikastamon paineilman tarve

Rikastamon paineilman tarve muodostuu kaivosteollisuuden rikastusprosessiin ja niissä käytettävien laitteiden ohjaus- ja säätöjärjestelmistä. Paineilman käyttö on laajaa ja erilaisia kohteita on lukemattomia, suurin yksittäinen käyttökohde on rikastukseen käytettävän Larox-painesuodatuslaitteen ilmantarve, jossa lopullinen rikastekakun kuivaus suoritetaan paineilmalla levypakkojen puristuksen jälkeen. Paineilmaa syötetään halkaisialtaan 60 mm olevasta putkesta suodatinkammioihin suodatusprosessin loppuvaiheessa n. minuutin ajan, saadaan mahdollisimman kuivaa rikastetta. Laite kuluttaa hetkellisesti suuren määrän paineilmaa, sen tarpeen tyydyttämiseksi on oltava mahdollisimman suuri paineilman varastokapasiteetti. Nyt on kaksi 10 m³ säiliötä, jotka riittävät jokseenkin yhden larox laitteen tarpeisiin, mutta mahdollisesti tuotantokapasiteetin noustessa tarve lisääntyy.

Taulukosta 3. voidaan tarkastella hetkellisen ilmamäärän hyödynnettävyyttä, kun sallittu paineenlasku otetaan huomioon. Taulukosta nähdään jos sallitaan rikastamolle 2.5 bar paineenlasku 20 m³ säiliötilavuudella, hyödynnettävää ilmaa on hetkellisesti 50 m³. Rikastamolle sijoitettu painesuodatuslaite tarvitsee kuitenkin n. minuutin ajan ilmaa kuivatukseen rikastetta, minkä johdosta paineilman varastointikapasiteetti ei riittäisi, mikäli paineilmakompressori ei tuota korvaavaa paineilmaa riittävän tehokkaasti. Mikäli jatkossa on käytössä useampi painesuodatuslaite, voi paine laskea hälyttävän alas.

TAULUKKO 3. Säiliöstä hyödynnettävä hetkellinen ilmamäärä
(Tamrotor Kompressorit Oy, 2014, 11.)

Säiliön tilavuus m ³	Sallittu paineenlasku bar							
	0.25	0.5	0.75	1	1.25	1.5	2	2.5
	Hyödynnettävä ilmamäärä m ³							
0.2	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5
0.3	0.075	0.15	0.225	0.3	0.375	0.45	0.6	0.75
0.5	0.125	0.25	0.375	0.5	0.625	0.75	1	1.25
1	0.25	0.5	0.75	1	1.25	1.5	2	2.5
2	0.5	1	1.5	2	2.5	3	4	5
3	0.75	1.5	2.25	3	3.75	4.5	6	7.5
5	1.25	2.5	3.75	5	6.25	7.5	10	12.5
8	2	4	6	8	10	12	16	20
10	2.5	5	7.5	10	12.5	15	20	25
15	3.75	7.5	11.25	15	18.75	22.5	30	37.5
20	5	10	15	20	25	30	40	50

Säiliöstä hyödynnettävän vapaan ilman määrä voidaan myös laskea kaavasta $V = V_s \times \Delta P$, missä V = käytettävissä oleva ilmamäärä (m³), V_s = säiliön tilavuus (m³), ΔP = sallittu paineen lasku (bar)
(Tamrotor Oy, paineilmajärjestelmien suunnittelu, 11.)

Instrumentti-ilman tarve rikastamolla on erilaisten sulkuventtilien, mittauslaitteiden ja säätöventtilien käyttötarpeeseen. Instrumentti-ilman laadun on oltava riittävän puhdasta, välttyttäisiin prosessin laitehäiriöiltä ja laitteiden rikkoutumiselta.

4.2 Käyntiastemittaus

Rikastamolle tehtiin käyntiastemittaus, joka suoritettiin yhteistyöllä laitetoimittajien teknisen tuen ja myynnin henkilökunnan kanssa. Tarkoituksena oli saada vertailevia tuloksia aikaan eri laitetoimittajien kesken. Mittaukset suoritettiin sijoittamalla induktiosilmukka kompressorin yhden vaiheen, eli sähkövirtakaapelin ympärille ja paineen mittausanturi kompressorin lähtöpaine putkistoon. Lisäksi saatiin kevennystiedon kompressorin ohjaustaulun riviliittimeltä, milloinka laite oli kevennyksellä. Paineilma-verkoston ja erillisten paineilmasäiliöiden yhteiseksi tilavuudeksi arvioitiin n.30 m³. Laitetoimittajien mittausmenetelmät ja laitteet olivat hyvin samantapaiset, joitakin pieniä eroja lukuunottamatta.

Mittauksessa saadut tiedot tallentuivat erilliselle dataloggerille sekunnin välein. Mittaustulosten perusteella voitiin laskea kompressorin tuotto mittausajankohdalle, sekä simuloida erilaisia kompressorikokoonpanoja. Mittauskohteena oli Atlas Copcon paineilmakompressorin GA250W-7.5 ja sen tuottama paineilmamäärä, sekä paineenvaihtelut. Mittauksen kesto oli noin viikko, josta sai hyvin tuotannon käyntivaihtelut.

Saadut laskennalliset tiedot simulointiohjelmasta, takaisinmasuajoista, laitteista ja hinnoista ovat yritysten välisiä salaisia tiedostoja, mitä ei voida julkaista opinnäytetyössä.



KUVA 13. Atlas Copco GA 250 W ruuvikompressor (Atlas Copco Kompressorit Ab 2014.)

4.2.1 Mittaustulokset

Mittauksen aikana keskimääräiseksi paineen tuotoksi saatiin 23–25 m³/min mittauspäivästä riippuen. Kompressorin tuotto paineilmaa noin 55 % käyntiajasta ja oli kevennyksellä noin 40 % mittauksen suorituksen aikana. Mittaustulokset olivat molemmissa mittauksissa lähes samanlaiset. Suurimmillaan kompressorin tuotto paineilmaa maksimissaan 43,32 m³/min eli 716 l/s.

Ongelmakohtina huomioitiin paine-eron olevan suodattimella n. 1 bar mikä olisi huollon tarpeessa. Paine-ero aiheutuu tukkeutuneista suodattimien sisältämisestä suodattimista ja pavuista.

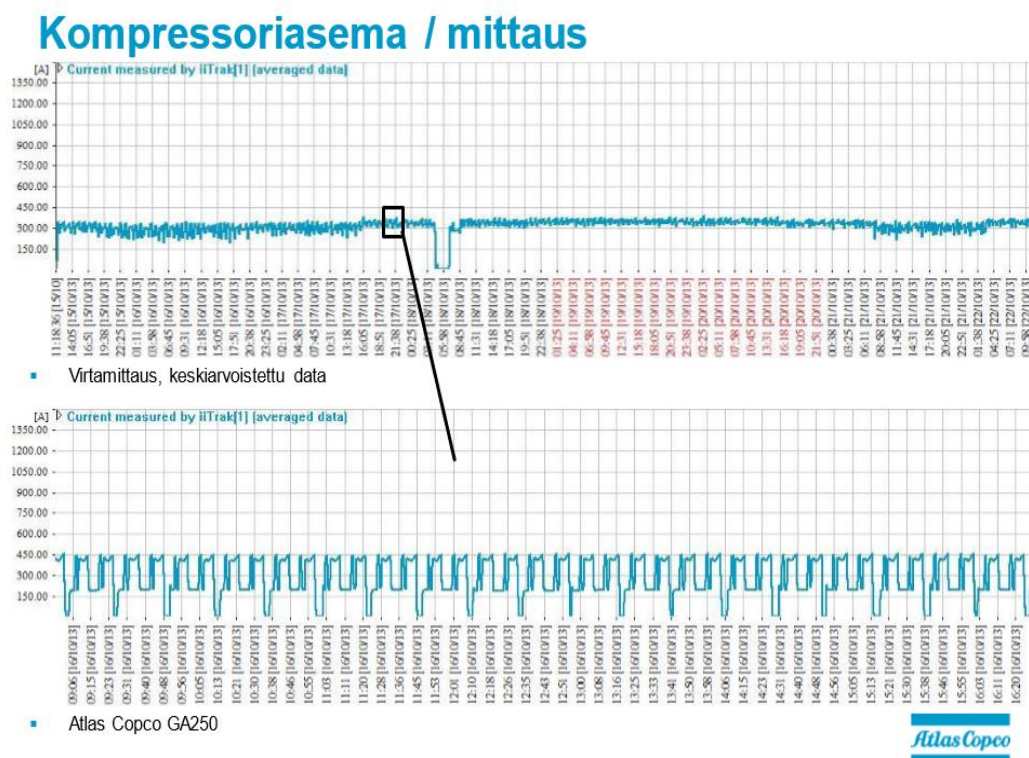
Taulukosta 4 havaitaan, että paineilmaa tuotetaan kompressorilla enimmillään vuorokaudessa 1472,66 m³/h ja keskituotto on 23 m³/min.

TAULUKKO 4. Mittaustuloksia paineilman tuotosta vuorokauden aikana (Kaeser Oy 2014.)

Numeric Report:

Saturday, June 21, 2014				
Time	Total	Minimum	Maximum	Average
00:00 - 01:00	1401.62 m ³	1.73 m ³ /min	43.32 m ³ /min	23.36 m ³ /min
01:00 - 02:00	1472.66 m ³	0.87 m ³ /min	43.32 m ³ /min	24.54 m ³ /min
02:00 - 03:00	1374.33 m ³	3.47 m ³ /min	43.32 m ³ /min	22.91 m ³ /min
03:00 - 04:00	1391.87 m ³	0.43 m ³ /min	43.32 m ³ /min	23.20 m ³ /min
04:00 - 05:00	1392.95 m ³	0.87 m ³ /min	43.32 m ³ /min	23.22 m ³ /min
05:00 - 06:00	1418.30 m ³	5.20 m ³ /min	43.32 m ³ /min	23.64 m ³ /min
06:00 - 07:00	1190.00 m ³	1.73 m ³ /min	43.32 m ³ /min	19.83 m ³ /min
07:00 - 08:00	1148.41 m ³	0.43 m ³ /min	43.32 m ³ /min	19.14 m ³ /min
08:00 - 09:00	1407.90 m ³	1.73 m ³ /min	43.32 m ³ /min	23.47 m ³ /min
09:00 - 10:00	1393.39 m ³	0.87 m ³ /min	43.32 m ³ /min	23.22 m ³ /min
10:00 - 11:00	1253.90 m ³	1.73 m ³ /min	43.32 m ³ /min	20.90 m ³ /min
11:00 - 12:00	1337.94 m ³	1.30 m ³ /min	43.32 m ³ /min	22.30 m ³ /min
12:00 - 13:00	1431.51 m ³	0.43 m ³ /min	43.32 m ³ /min	23.86 m ³ /min
13:00 - 14:00	1367.83 m ³	4.77 m ³ /min	43.32 m ³ /min	22.80 m ³ /min
14:00 - 15:00	1390.14 m ³	2.60 m ³ /min	43.32 m ³ /min	23.17 m ³ /min
15:00 - 16:00	1388.19 m ³	2.60 m ³ /min	43.32 m ³ /min	23.14 m ³ /min
16:00 - 17:00	1340.10 m ³	4.77 m ³ /min	43.32 m ³ /min	22.34 m ³ /min
17:00 - 18:00	1464.43 m ³	4.33 m ³ /min	43.32 m ³ /min	24.41 m ³ /min
18:00 - 19:00	1362.20 m ³	2.17 m ³ /min	43.32 m ³ /min	22.70 m ³ /min
19:00 - 20:00	1266.03 m ³	0.87 m ³ /min	43.32 m ³ /min	21.10 m ³ /min
20:00 - 21:00	1252.38 m ³	5.20 m ³ /min	43.32 m ³ /min	20.87 m ³ /min
21:00 - 22:00	1244.37 m ³	1.73 m ³ /min	43.32 m ³ /min	20.74 m ³ /min
22:00 - 23:00	958.02 m ³	0.43 m ³ /min	43.32 m ³ /min	15.97 m ³ /min
23:00 - 00:00	1312.81 m ³	1.30 m ³ /min	43.32 m ³ /min	22.06 m ³ /min
SUM	31961.28 m³			

Kuvio 1 näkee kuinka kompressorin virrankulutus sahaa edestakaisin paineilman kulutustarpeen mukaan, kuvaa hyvin kevennys ja kuormitus säätöyksikön käyttäytymistä (ks. luku 3.2.1 erilaiset säätötavat.)



KUVIO 1. Mittaustuloksia paineilmakompressorin virrankulutuksesta kello 9.06–16.20 (Atlas Copco Kompressorit Ab 2014.)

Kun tarkastellaan tarkemmin kuvioita 1 ja 2 virtamittaustietoja, havaitaan moottorin olevan vain 60 % kuormitusajolla ja 40 % kevennysajolla. Kun moottori on kevennysajolla, se kuluttaa silti noin 200 A virtaa ja kuormituksessa 450 A. Kun moottori pyörii kevennysajolla, voidaan sen kuluttamaa energiaa pitää häviönä. Kompessoria saavuttaessa halutun säädetyn paineen kompressorin ohjautuu kevennysajalle, virrankulutus pienenee ja paineen laskiessa alarajalle kompressorin alkaa tuottaa painetta moottorin ottaessa 450 A virtaa.



KUVIO 2. Mittaustuloksia paineilmakompressorin virrankulutuksesta kello 10.33–11.51 (Atlas Copco Kompessorit Ab 2014.)

4.2.2 Mittaustulosten jälkikäsittely

Mittaustuloksista voi päätellä, että nykyinen paineilmakompressorin mikä toimii niin sanotulla kevennystoiminnalla, on epäedullinen energian suhteen, koska kompressorin on 40 % käyttöajasta kevennysajolla kuluttaen energiaa tuottamatta paineilmaa.

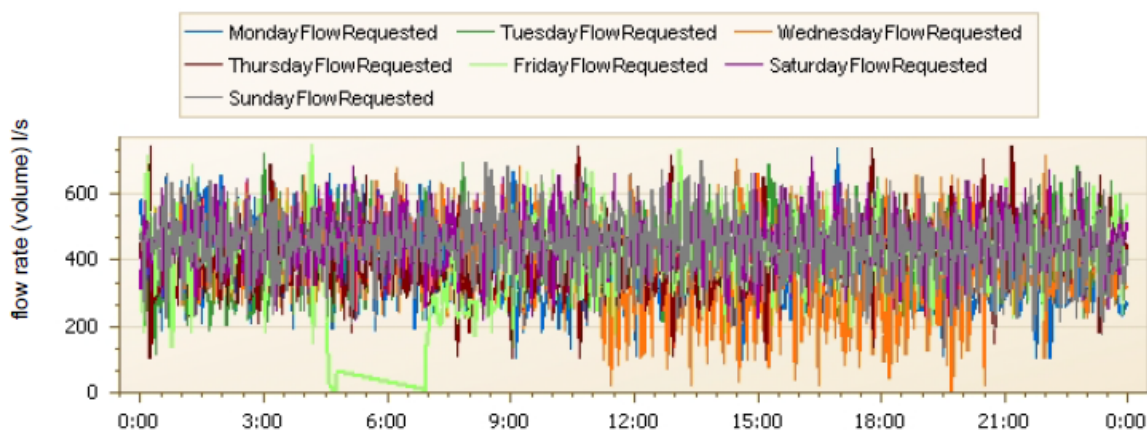
Instrumentti-ilmankuivain on myös epätalodellinen ja sitä ei nykyisin käytetä teollisuudessa kuin varililmankuivaimena. Instrumentti-ilman käyttö on yli +3 °C yläpuolella koko rikastamon alueella, joten nykyisen kuivaimen voisi hyvin korvata jäähdytyskuivaimella, ne ovat energiatehokkaampia ja edullisempia käyttää. Jäähdytyskuivaimissa on jäähdytyskompressorin ja vastavirtatoiminen lämmönsiirrin, millä saavutetaan +3..+5 °C:n kastepiste.

Tarkastelussa selvisi myös, että nykyinen paineilmakompressorin ottaa imuilman suodatettuna suoraan rikastamon ilmasta, joka voi nousta kuumina kesäpäivinä yli +30 °C:n. Paineilmakompressorin pitempi aikaisen kestävyys saavuttamiseksi olisi järkevää suunnitella ja toteuttaa kompressorille ottaman imuilmaputkisto, silloin ilman lämpötila ei laskisi +3 °C:n eikä nousisi yli +30 °C:n yläpuolelle. Olisi myös tärkeää estää kaikkien epäpuhtauksien pääsy sisälle kompressorin.

Alla on Atlas Copco Kompessorit Ab:n simulointiohjelmalla tekemä energiankulutuksen arvio nykyisen paineilmakompressorin mittaustulosten perusteella.

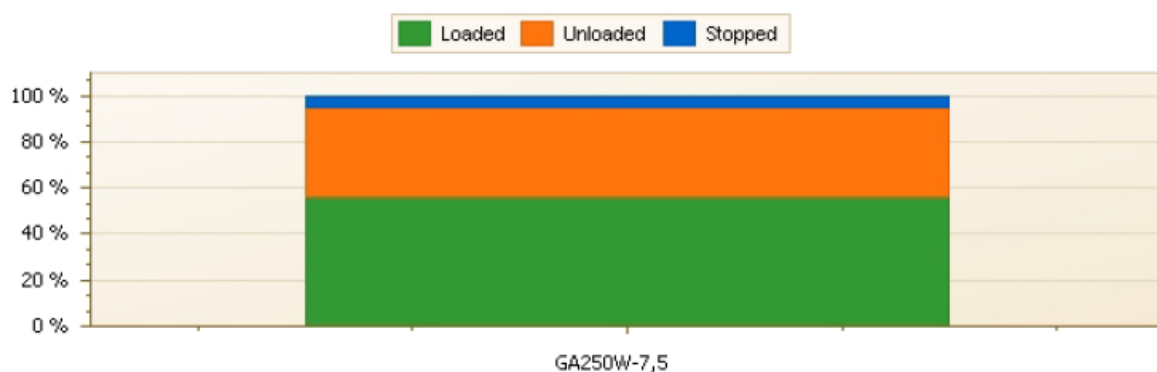
Sähköenergian hinta-arvio mittausajanjakson aikana oli 80 €/MW, mitä käytettiin simulointiohjelmassa.

Generated flow profile



More detailed graphs can be viewed in Addendum report.

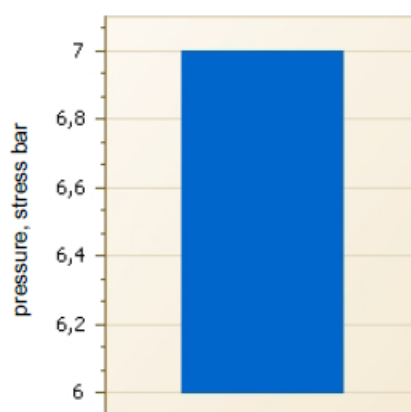
Distribution hours



Current Yearly Consumed Energy	Current Yearly Energy Cost	Current Yearly Carbon dioxide Emission	Current Yearly Carbon dioxide Emission Cost
1 682 943 kWh	134 635 €	1 178 060 kg	177 €

Total Pressure Band

Flow data	
Maximum flow	731 l/s
Average flow	404 l/s
Minimum flow	0 l/s
Flow range	
0-25 % flow	8 %
25-50% flow	34 %
50-75% flow	35 %
75-100% flow	22 %



KUVA 14. GA250-7,5 kompressorin paineilman tuotto ja energiankulutus mittausjaksolla (Atlas Copco kompressorit Ab 2014.)

Kuvassa 14 on laskennallisesti arvioitu simulointiohjelmalla, miten paljon energiaa nykyinen paineilmakompressorin kuluttaa ja mikä on sen käyttöaste prosentteina. Atlas Copcon paineilmakompressorin GA250W-7.5 siis kuluttaa vuodessa laskennan mukaan n. 1,68 GWh energiaa, joka on suhteellisen suuri määrä.

Simulointiohjelmalla tehtyjen mittausten perusteella saataisiin vuotuinen säästö jopa yli 40 %:n, ja jos laitteesta otettaisiin lämpö talteen lämmöntalteenottotekniikalla, päästäisiin vieläkin suurempiin vuosisäästöprosentteihin. Uuden taajuusohjatun ruuvikompressorin takaisinmaksuaika olisi vain joitakin vuosia arvioidulla sähköenergian hinnalla. Taajuusmuuttajakäyttöinen kompressorin optimoi säätämällä pyörimisnopeutensa ja tuottonsa vastaamaan todellista paineilman tarvetta. Se myös säästää oman energiakulutuksensa sekä pitää käyttöpainelaitteen pienenä ja tasaisena.

Mittaus tuloksista ei käy ilmi, miten paineilman tarve muuttuu, jos tuotantokapasiteetti nousee. Olisi järkevää tehdä uusintamittaus, kun käytössä olisi kaksi rikasteen painesuodinta ja kun mitattaisiin instrumentti-ilman todellinen kulutus virtausmittarilla. Mittauspisteitä voisi sijoittaa eri puolille tuotantolaitosta tarkemman analyysin saamiseksi. Rikasteen painesuodintalle tulisi myös tehdä erillinen mittaus, josta saataisiin selville sen kuluttama paineilma. Näin saataisiin oikeanlainen kuva rikastamon tulevasta paineilman tarpeesta ja nähtäisiin, onko paineilmasäiliöiden kapasiteetti riittävä.

Jos päädyttäisiin uusimaan paineilmakompressorin, nykyinen tulisi asettaa varakoneeksi, sekä kytkeä ja ohjelmoida se käynnistymään häiriön sattuessa, mikäli paine laskisi kriittisen pisteen lähelle ja aiheuttaisi mm. kennostojen sulkuventtiilien aukeamisen. Näin turvattaisiin tuotannon jatkuminen.

4.3 Paineilmanverkoston tarkastelu

Rikastamossa on suhteellisen vanha paineilmanverkosto, jossa on jo nähtävissä korroosion aiheuttamia jälkiä. Paineilmanverkosto on laaja ja se on yhteydessä muihin tuotantotiloihin, murskaamoon, korjaaamoon ja muuntoasemaan, jossa sijaitsevat nykyiset varakoneet ja paineilmasäiliöt. Verkosto kulkee osittain maanalla olevassa kanaalissa, jossa se on alttiina kosteudelle.



KUVA 15. Paineilmasäiliöt (Hirvonen 2014-10-20.)

Paineilmaverkosto on suoranverkon ja rengasverkon yhdistelmä ja verkoston putkistoa on kolmessa eri kerroksessa. Verkostoa on uusittu osittain ja siihen on tehty lisäyksiä tarpeen mukaan. Verkostosta ei ollut saatavilla putkitusdokumentteja, joista olisi nähnyt sulkuventtiilien ym. toimilaitteiden paikat. Dokumentit oli syytä tehdä. Paineilmaverkoston dokumenttien piirtäminen oli aloitettava kenttätöinä ja rikastamon pohjakuviin oli piirrettävä käsin putkiston kulkureitit ja merkittävä putkiston halkaisiat sekä sulkuventtiilien paikat. Paineilmaverkoston kuvat piirrettiin puhtaaksi CADS Planeria käyttäen (Liite 1.)

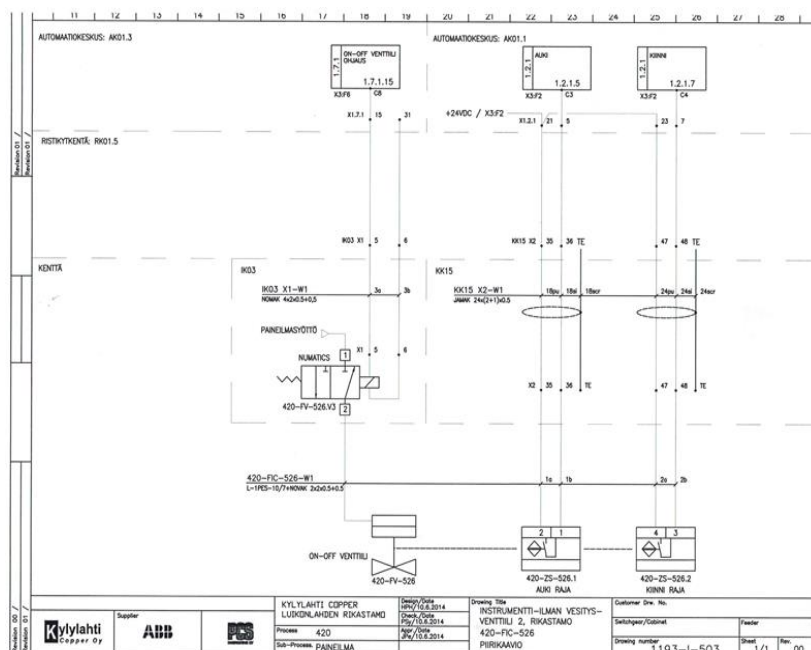
Paineilmaverkoston veden poistamiseksi verkostosta poistoventtiileillä ja niiden ohjauksessa oli puutteita. Yksi instrumentti-ilman ohjauskaappi oli kytketty raakapaineilmaverkoston, mikä pitkällä aikavälillä aiheuttaa laiterikkoja.

4.4 Paineilmaverkoston puutteiden korjaus

Paineilmaverkoston oli tarpeen asentaa neljä automatiikalla toimivaa vesitysventtiiliä, joita ohjataan rikastamolla olevasta valvomosta. Lisäksi oli kytkettävä aiemmin väärin kytketty instrumentti-ilman ohjauskaappi oikeaan paineilmaverkkoon. Tarvittavat lopulliset dokumentit työn tekemiseen teetettiin ohjausjärjestelmien suunnittelu- ja ylläpitoyrityksiltä. Kyseinen yritys on suunnitellut ohjausjärjestelmät Luikonlahden rikastamolle vuonna 2012 rikastamon sähköjärjestelmien uusimisen yhteydessä ja nykyisin ylläpitää sähkö- ja automaatiidokumentit ja tekee tarvittaessa uusia suunnitelmia.

Luikonlahden rikastamolla on ABB:n tehdasautomaatio järjestelmä, jonka Altona otti käyttöön aloittaessaan rikastetuotannon Luikonlahdessa vuonna 2012.

Esimerkki instrumentti-ilman vesitysventtiilien piirikaaviosta:



KUVA 16. Piirikaavio instrumentti-ilman vesitysventtiili (Altona Mining Limited 2014.)

Työ tehtiin suunnitteludokumenttien mukaisesti. Rajatieto- ja ohjauskaapelit sekä paineilmaputket vedettiin vesitysventtiileiltä ja kytkettiin rikastamohallissa oleviin kenttäkytkentäkaappeihin. Kenttäkaappien ja keskushuoneessa olevan ristikytkenäkaapin väliin oli kytketty runkokaapeli, missä oli riittävästi käytettävissä kuvien mukaisesti vapaita johtimia.



KUVA 17. Vesitysventtiili ja ristikytkenäkaappi (Hirvonen 2014-10-20.)

Sähkö- ja automaatiokuvat on päivitettävä muutostöiden yhteydessä, koska muutos vaikuttaa mo-
neen dokumenttiin.

Uuden instrumentti- ja moottoripiirin lisääminen vaikuttaa seuraaviin dokumentteihin.

- piirikaavio
- mitoitus ja laitespeksin (instrumentin) selvitys
- piirustusluettelo
- moottorilähtöluettelo
- kaapeliluettelo
- kytkentälista
- kilpiluuettelo
- laitesijoituskuva
- PI-kaavio

Edellä mainitut dokumentit tulee päivittää jokaisen muutoksen tai lisäyksen yhteydessä. Muutetuissa tai uusissa dokumenteissa tulee olla suunnittelijan nimi, revisionumero, päivämäärä ja tehty muutos.

4.5 Varapaineilmakompressorit

Luikonlahden rikastamolla on varakoneena kaksi vanhaa ER6E Atlas Copcon mäntäkompressoria ja kaksi kappaletta Tamrockin 750-ruuvikompressoria. Mäntäkompressoreja käytetään varsinaisina varakoneina. Mäntäkompressorit ovat vuoden 1960 koneita mutta vielä käyntikuntoisia, niillä tuotetaan paineilmaa pääpaineilmakompressorin ollessa huollossa tai häiriöllä. Varapaineilmakompressorit eivät ole kytkettyinä mihinkään automaatiojärjestelmään, vaan ne käydään kytkemässä manuaalisesti tarvittaessa, mikä on huono asia tuotannon mahdollisten keskeytyksien tähden.



KUVA 18. Kompressor Atlas Copco ER6E (Hirvonen 2014-10-20.)

Varapaineilmakompressorit sijaitsivat muuntamorakennuksessa, joka on ennen ollut (110 kV) rikastamon pääsähkömuuntamon ohjaus. Rakennuksen ulkopuolella sijaitsee kaksi 10 m³ paineilmasäiliötä. Atlas Copcon ER6E:ssä on oma ohjausjärjestelmänsä jota ei ole tarve muuttaa tai parantaa. Mäntäkompressorit ovat jo erittäin epäenergiataloudellisia ja tuottaessaan paineilmaa ne päästävät öljyä paineilmaverkostoon, joka ei ole hyvä toimilaitteille. Mäntäkompressoreja pyörittävät Strömbergin 160 kW oikosulkumoottorit, joiden nimellisvirta on 300 A ja maksimi paineteho 10,5 bar. Moottorien pyörimisnopeus on 590 rpm ja valmistusmaa on Ruotsi. Näiden mäntäkompressoreiden varaosia ei ole mahdollista saada, koska niiden valmistus ja ylläpito on lopetettu.

4.6 Tamrock 750

Tamrockin 750 ruuvikompressorit eivät ole olleet käytössä kahteen vuoteen, minkä vuoksi ne tuli tarkastaa. Tarkastuksessa huomattiin, että toisen kompressorin öljynlauhdutin oli viallinen. Koska sen hankkiminen ei ole järkevää, päädyttiin kunnostamaan vain toinen kompressor.

Kompressorin ohjausjärjestelmä päätettiin uusida alkuperäisten dokumenttien mukaan, koska vanha ohjausjärjestelmä on riittävän hyvä. Dokumentit piirrettiin CADS Planneria käyttäen.



KUVA 19. Kompressorin Tamrock 750 (Hirvonen 2014-10-20.)

Seuraava työvaihe oli määrittellä uudet komponentit ohjauskeskukseen dokumenttien mukaan. Tamrockin ohjauskeskukseen täytyi uusia kaikki sähkökomponentit ja paine- ja lämpöanturit. Lähes kaikki tarvikkeet uusimiseen löytyivät varastoylläpidosta, mikä nopeutti ja helpotti työn kulkua.

Ohjauskeskukseen valittavien komponenttien tulee kestää tiettyjä kuormitusarvoja, kokonaistehoa, jännitettä ja virtaa. Nämä tiedot saatiin tuotteen valmistajan ja myyjän nettisivuilta. Uusimisen tarpeessa oli myös turvakytkimeltä menevä syöttökaapeli ohjauskeskukseen ja siintä moottoreille. Tähtään valittiin 4 x 95 mm² oleva kuparikumikaapeli, joka täyttää tarvittavan kaapelin vaatimukset. Valinta tehtiin kaapelin kuormitettavuus taulukon perusteella (SFS 600-1, taulukko B 52.6, 249), missä huomioitiin kompressorin tarvitsema virta ja käyttöolosuhteet. Keskukseen ohjausvirta tuli omalla syötöllä pääkeskuksesta turvakytkimen apukärkien kautta ohjauskeskukseen.

Kompressoriin uusittiin kaikki lämpöanturit ja lisättiin ohjauspaneeliin PR elektronics ohjelmoitavat LED-osoitinkojeet, jotka toimivat ilmanpaineen ja lämpötilan näyttönä. Ilmanpainenäyttöön yhdistimme paineanturit, mitkä toimivat 24 V tasajännitteellä ja antavat 4-20 mA viestin. Paineanturiksi valittiin ifm PT3554 paineanturi.



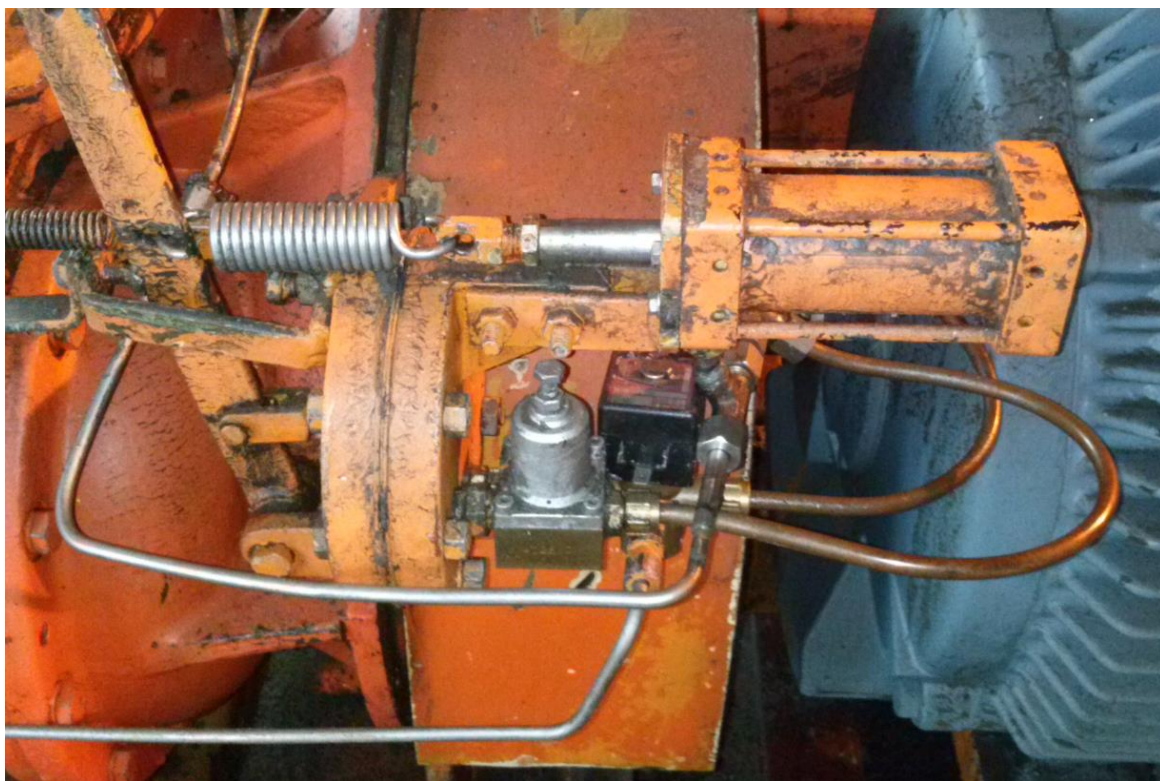
KUVA 20. PT3554 paineanturi (Hirvonen 2014-10-20.)

Lämpötilanosoitinkojeessa on lisätoimintona kaksi aseteltavaa vaihtokosketinrelettä, niiden tarkoituksena on katkaista ohjausjännite, kun paineilmakompressorin lämpötila nousee liikaa. Lämpötila-antureiksi lisättiin Pt100 lämpötila-anturi, sekä Trafag kapilaarilämpötila-anturi lämpötilavahdiksi varmistamaan ettei ylikuumentumista tapahtuisi.



KUVA 21. Pt100-lämpötila-anturi (Hirvonen 2014-10-20.)

Uusimisen tarpeessa oli kompressorin käynnistysautomaatiikkaan liittyvä paineputkistot ja niiden liittimet, koska ne vuotivat. Putkisto on osa ohjaus- ja säätöjärjestelmää, siksi tärkeä osa kokonaisuutta.



KUVA 22. Uusittavaa paineputkistoa (Hirvonen 2014-10-20.)

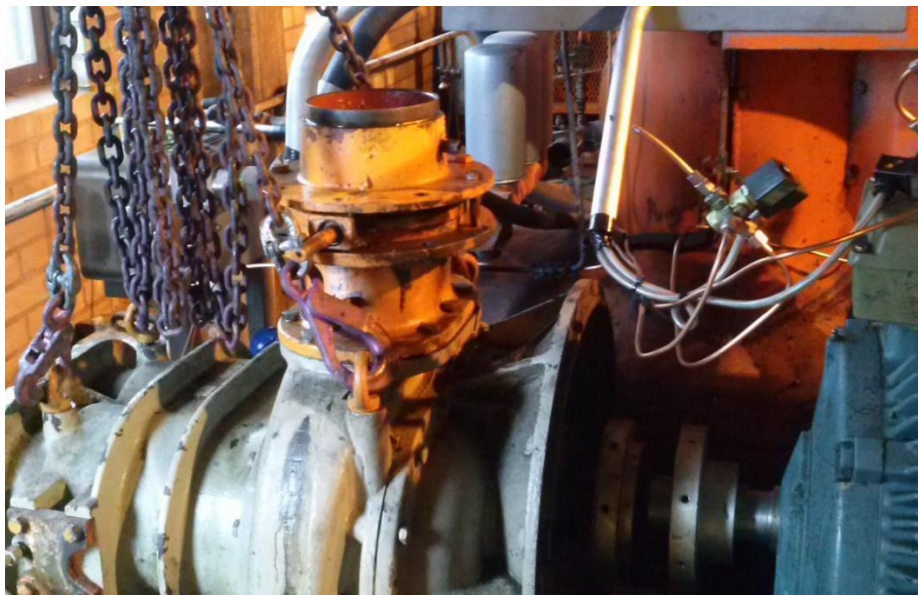
Ennen koneen koekäyttöä oli tehtävä mittaustarkastukset ja osoitinkojeiden ohjelmointi. Tarkastuksen yhteydessä lisättiin tarvittavan määrän öljyä säiliöön.

Ensimmäisen testiajon aikana kompressorin ruuviyksikkö leikkasi kiinni, ilmeisesti öljyvoitelun puutteesta tai pitkän käyttöiän tuomasta heikkoudesta. Toinen ruuviosa oli hitsautunut kiinni runkoon lujasti ruuvikierukan päistä, josta se jouduttiin irrottamaan paineprässillä (kuva 23).



KUVA 23. Tamrock 750 kompressorin ruuviyksikön osa (Hirvonen 2014-10-20.)

Vaihdettiin Tamrock 750 ruuvikompressorin ruuviyksikön toisesta vapaaksi jääneestä Tamrockin kompressorista. Ruuviyksikön asentaminen täytyy tehdä huolella, sillä moottori ja ruuviyksikkö ovat linjattavaa suoraan toisiinsa nähden. Moottori ja ruuviyksikkö on yhdistetty toisiinsa suoralla joustavalla kytkinvaihteella, jolla vaimennetaan tärinää.



KUVA 24. Tamrock 750 ruuviyksikön asennusta (Hirvonen 2014-10-20.)

Ruuviyksikön vaihdettua suoritettiin koeajo, jossa säädettiin kompressorin paineensäätimestä oikealle käyntialueelle, sekä ilmanottoautomaatiikan paineensäätökuristesäätimestä.

Kompressorin ollessa toiminnassa, tehtiin tarkastukset. Virrat mitattiin kuorma ja kevennystoiminnalla, jotka todettiin moottorin mitoitukseltaan oikeaksi ja kunnossa olevaksi. Testattiin myös kaikki turvalaitteet ja niiden toimivuuden ja säädettiin ne oikeille asetusarvoille.

TAULUKKO 5. Tamrock 750 moottorin mittausvirta-arvot (Pirkka Hirvonen.)

Moottorin virtamittausarvot			
Strömberg 132 kW I _N 241 A			
	L1/A	L2/A	L3/A
I/kevennys	110	110	107
I/kuorma	230	232	227

Tamrock 750 teknisiä tietoja:

- Moottori Stömberg P = 132 kW, rpm = 3 000 r/min, I_N = 241 A
- tuotto 21 m³/min
- maksimi työpaine 8,6 bar
- maksimi käyttölämpötila 45 °C

Tamrock 750-ruuvikompressorin saavuttaessa säädetyn maksimipaineen säätölaitteet sulkevat tuloilman läppäventtiilin, minkä johdosta kompressorin alkaa keventää ja kuormitus moottorilla vähenee. Paineen laskiessa säädettyyn arvoon tuloilman läppäventtiili aukeaa ja laite tuottaa verkostoon lisää painetta.

Kompressorin Y/D-käynnistys on aikaohjattu aikareleellä, joka on asetettu noin viiteen sekuntiin. Ajotapakykimestä voidaan säätää haluttu ajotoiminto jatkuva ja pysäyttävä käyttö. Jatkuva ajotoiminnassa kompressorin pyörii välillä keventäen, mutta pysäyttävässä toiminnassa saavuttaessaan halutun painetasen sammuu pienen aikaviiveen mentyä ja taas käynnistyy kun paine laskee. Aikaviivettä ohjaa tyhjäkäyntiaikarele (Liite 5 ja 6).

Ohjauspaneeliin PR electronicsin ohjelmoitavat LED-osoitinkojeet näyttävät verkoston- ja kompressorin paineet ja lämpötilan (kuva 25). Lämpötilan osoitinkojeessa on vaihtokosketinrele, joka on kytkettynä kompressorin ohjausvirtapiiriin, missä se katkaisee ohjausvirran lämpötilan saavuttaessa asetusarvon. Rele palautuu vasta kun lämpötila on tippunut riittävästi. Laitteen ohjelmointi tapahtuu sen omasta näyttöpaneelistä nuolinäppäintä käyttäen, (ohjeet ovat liitteessä 2-4.) (SKS Automaatio, ohjelmoitava LED-osoitinkoje 2014.)



KUVA 25. Lämpötilan ja paineen ohjauspaneelit (Hirvonen 2014-10-20.)

5 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää paineilmalaitteiden ja verkoston kunto sekä uudistamistarve ja myös arvioida paineilman riittävyys tuotantokapasiteetin noustessa. Päästiin hyvin tavoitteisiin, tekemällä käyntiastemittaus pääkompressorille ja arvioimalla varapaineilmakompressorien ja verkoston kunto.

Rikastamon paineilman tarve selvittiin käyntiastemittauksella pääkompressorille. Selvitystyö suoritettiin yhteistyössä laitetoimittajien teknisen tuen ja myynnin henkilökunnan kanssa, joilta saatiin parannusehdotuksia paineilmakompressoreista ja instrumentti-ilman puhdistus laitteista. Pääkompressorin käyttöasteen mittaustulokset puoltavat mahdollisen kompressorin uusimista. Yritys sai käyttöönsä laitehankinnoista ja huolloista tarjoukset, joiden perusteella voi tehdä päätökset niiden hankinnoista.

Tehtiin myös varapaineilmakompressorien ja verkoston kunto kartoitus, jossa päädyttiin sähköistämään Tamrock 750-ruuvikompressorin ja dokumentoimaan rikastamon paineilmaputkisto. Tuloksena saatiin toimiva kompressorin uusimalla sähkönohjausjärjestelmä ja rikastamon paineilmaputkistosta laadittiin dokumentit, jotka helpottavat nykyisen paineilmajärjestelmän arvioinnia. Lisäksi korjattiin havaitut puutteet.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

ALTONA MINING LIMITED 2014. Outokumpu-kupari-hanke. [verkkojulkaisu]. Saatavissa:
<http://www.altonamining.com/finland/outokumpu-copper-project>

ATLAS COPCO KOMPRESSORIT AB 2014. Öljytiivistetyt ruuvikompressorit, G 110–250 (110–250 kW / 150–340 hp).
 [verkkojulkaisu] Saatavissa:
http://www.atlascopco.com/Images/2935059010_G110-250_EN_LR_tcm822-1691268.pdf

BOLIDEN AB 2014. Bolidenin historia 2014. [verkkojulkaisu]. Saatavissa:
<http://www.boliden.com/fi/About/History>

HAKANPÄÄ, Antero ja LAPPALAINEN, Pekka 2011. Kaivos- ja louhintatekniikka 2 painos, Kaivannaisteollisuus ry, Opetushallitus. Vammala: Vammalan Kirjapaino Oy.

HANTEKNO OY 2014. SDT Ultrawave 170, sovelluksia-paineilmavuodot. [verkkojulkaisu]. Saatavissa:
http://www.hantekno.fi/Hantekno_tiedostot/Paineilmavuodot.pdf

HIRVONEN, Pirkka 2014. Kuvat 2, 12, 15, 17–25 [valokuva]. Sijainti: Kaavi: Tekijän valokuva-albumi 2014

KAESER OY 2014a. Paineilmatekniikka 2014. [verkkojulkaisu]. Saatavissa:
<http://fi.kaeser.com/Images/P-2010-FI-tcm18-6752.pdf>

KAESER OY 2014b. Paineilmasäiliöt 2014. [verkkojulkaisu]. Saatavissa:
<http://fi.kaeser.com/Images/P-775-FI-tcm18-7411.pdf>

KAESER OY 2014c. Ruuvikompressorien yleisesite 2014. [verkkojulkaisu]. Saatavissa:
<http://fi.kaeser.com/Images/P-650-FI-tcm18-6758.pdf>

MOIVA 2014a. Energiatehokas paineilman käyttö 1/2, Koulutusmateriaali. [verkkojulkaisu]. Saatavissa:
http://www.motiva.fi/files/1568/Energiatehokas_paineilmajarjestelma_OSA1.pdf

MOIVA 2014b. Energiatehokas paineilman käyttö 2/2, Koulutusmateriaali. [verkkojulkaisu] Saatavissa:
http://www.motiva.fi/files/1569/Energiatehokas_paineilmajarjestelma_OSA2.pdf

OPASNET 2014. Luikonlahden aluekuvaus 2014. [verkkojulkaisu]. Saatavissa:
http://fi.opasnet.org/fi/Luikonlahti_aluekuvaus

SARLIN OY 2014. Paineilman laatustandardi ISO 8573–1:2010. [verkkojulkaisu]. Saatavissa:
http://www.sarlin.com/sarlin_products/ISO-85731--paineilman-laatustandardi/yhahhte4/8d099e6f-50f6-47f1-a00a-0d7af6ed010f

SKS AUTOMAATIO OY 2014. Ohjelmoitava led osoitinkoje, tuote esite 2014. [verkkojulkaisu]. Saatavissa:
http://www.auser.fi/data/attachments/5714_1301.pdf

SFS 600-1 2012. SFS 6000-5-52, Kaapelien kuormitettavuus, taulukko B 52.6. Suomen Standardiliitto SFS ry. Helsinki: Sesko ry.

TAMROCK OY 1976. Paineilmakompressorit 550 EW/750 EW, [käyttöohjekirja] Sijainti: Luikonlahden rikastamo, sähköarkisto.

TAMROTOR KOMPRESSORIT OY 2014. Tietoja paineilmajärjestelmän suunnittelijalle 2014. [verkkojulkaisu] Saatavissa: http://www.compressor.fi/media/EsitePDF/Paineilmajarjestelmien_suunnittelu.pdf

YMPÄRISTÖHALLINNON YHTEINEN VERKKOPALVELU 2014. Ympäristövaikutusten arviointiohjelma [verkkojulkaisu]. Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Asiointi_luvat_ja_ymparistovaikutusten_arviointi/Ymparistovaikutusten_arviointi/YVAhankkeet/Kylylahti_Copper_Oyn_Luikonlahden_rikastamon_sivutuotteiden_ja_kaivannaisjätteiden_elinkaarisuunnittelu_Kaavi

PReview

5714

Ohjelmoitava LED-osoitinkoje



- 4-numeroinen, 14-segmentti LED-näyttö
- Virta-, jännite-, lämpötila- ja potentiometritulo
- 2 relettä ja analogialähtö
- Universaaliapujännite
- Ohjelmointi etulevyn painikkeilla



Sovellus:

- Osoitinkojeessa tuloviestinä voidaan käyttää virta-, jännite-, vastus-, lämpötila- tai potentiometrituloja.
- Prosessin seuranta kahdella potentiaalivapaalla releellä ja/tai analogialähdöllä.

Tekniset ominaisuudet:

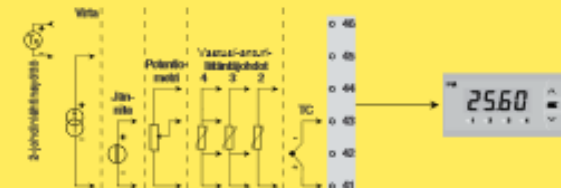
- 4-numeroinen LED-näyttö, numerokorkeus 13,8 mm, 14 segmentin kirjaimet.
- Suurin näyttölukema -1999...9999 aseteltavalla desimaalipisteellä, rele ON/OFF-osoitus.
- Kaikki toimintaparametrit voidaan asettaa sovelluksen mukaan etulevyn painikkeilla.
- Kielivalikossa kahdeksan kieltä.
- PReview 5714 voidaan toimittaa myös valmiiksi konfiguroituna asiakkaan sovelluksen mukaan.
- Versiossa B ja D releiden toiminnot voidaan koestaa ilman, että tuloviesti on kytkettynä.

Asennus:

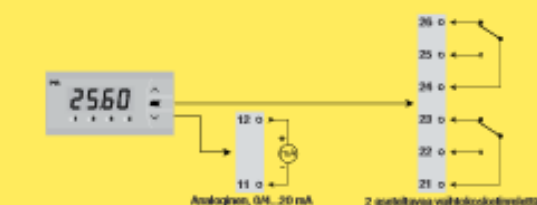
- Etulevyasennus. Toimitukseen kuuluvalla kumitiivisteellä asennusaukon ja etukohyksen välissä saavutetaan kotelointiluokka IP 65 (NEMA 4X). PReview 5714 voidaan toimittaa roiskevesisuojatulla kannella (lisävaruste), jolloin kotelointiluokka on IP 67.

Sovellukset

Tulot:



Lähdöt:



Apujännite:



INSTRUMENTIT

2



SKSAUTOMAATIO

www.sks.fi automaatio@sks.fi

SKS Automaatio Oy

Etelä-Suomi
Martinkyläntie 50
01720 Vantaa
puhelin 020 764 61
faksi 020 764 6820

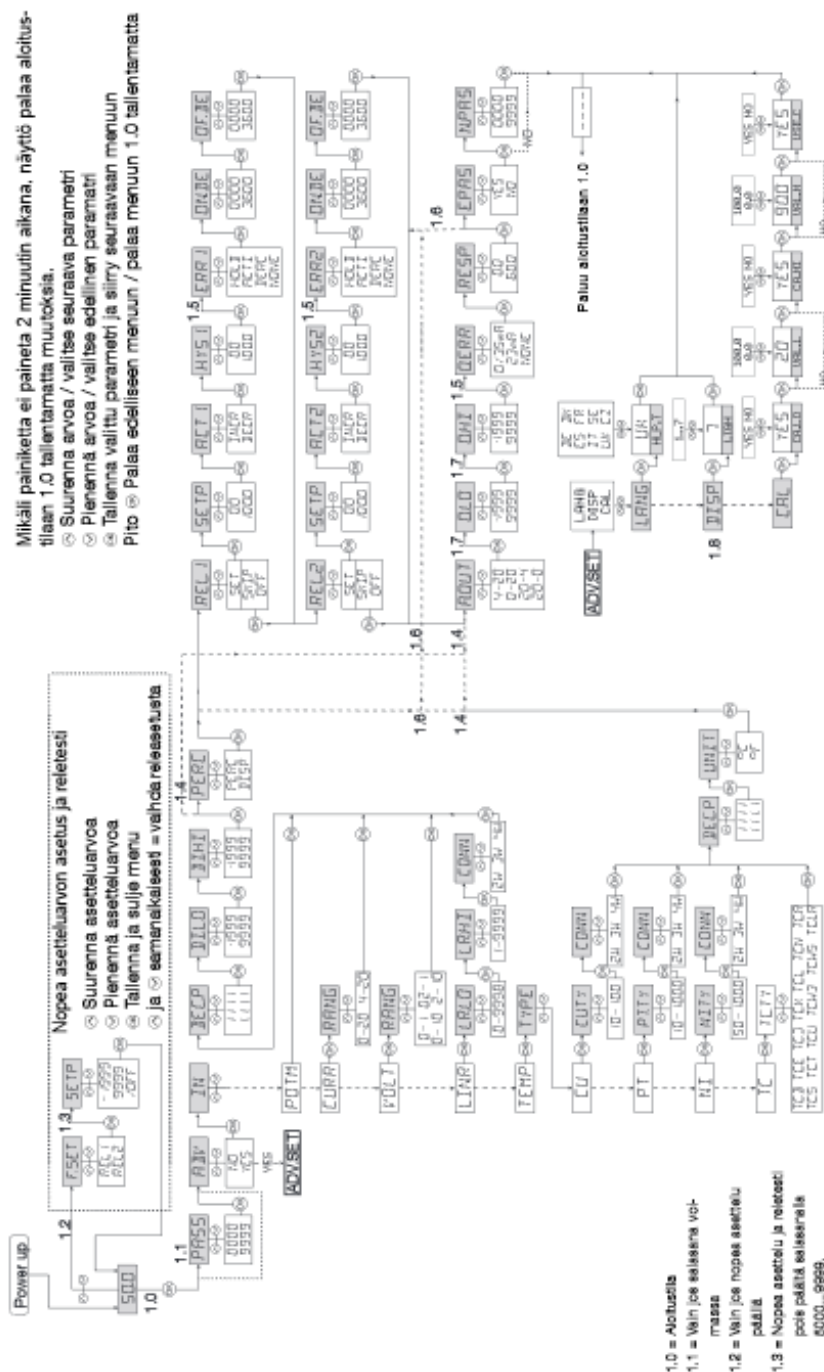
Länsi-Suomi
Ravurinkatu 5
20380 Turku
puhelin 020 764 7600
faksi 020 764 7649

Keski-Suomi
Tammelan puistokatu 21
33500 Tampere
puhelin 020 764 7500
faksi 020 764 7501

Tavaraosasto
Varastokatu 10
05800 Hyvinkää
puhelin 020 764 61
faksi 020 764 8355

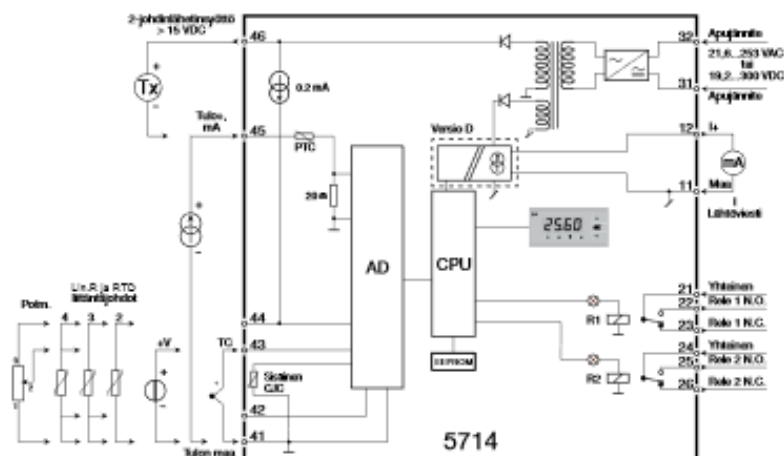
LIITE 3. LED-OSOITINKOJEEN OHJELMOINTIKAAVIO

5714 TOIMINTOKAAVIO



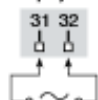
LIITE 4. LED-OSOITINKOJEEN LOHKOKAAVIO

LOHKOKAAVIO

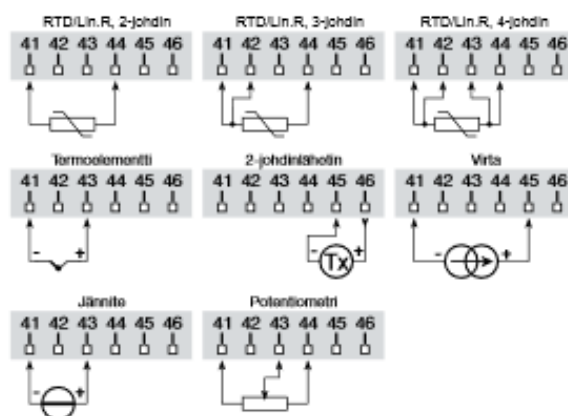


LIITÄNNÄT

Apujännite:



Tulot:



RTD = vastuslämpötila-anturi
Lin.R. = lineaarinen vastus

TE = TC = termoelementti

Lähtö:

